XVIII - MODES ET TONALITÉS

1. TERMINOLOGIE

Mode, tonalité, gamme, échelle, tempérament : il n'est pas toujours évident de discerner la différence entre ces termes, leur définition dépend souvent du type de musique : ouest-européen, grec ancien, médiéval, arabo-oriental, indien, divers ethnique, etc. L'objet de ce chapitre est de les clarifier, et de les unifier sous une bannière "Acoustique". À mon avis, on peut simplifier les choses et rendre bien compréhensibles les deux termes qui nous intéressent le plus (mode et tonalité). Chez les anglo-saxons, on trouve aussi les termes ***tonality*** et ***key*** (clé, touche ou bouton d'un appareil, d'où le mot clavier ou ***keyboard***) très proche de "tonalité", et ***tuning*** (accordage, ou accord dans le sens de "manière d'accorder"), très proche de "tempérament".

Tempérament (chap. VIII), c'est la manière de concevoir et de définir des notes (par leurs fréquences, ou par leurs rapports avec la tonique) qu'on peut employer dans une mélodie : pythagoricien, mésotonique, tempéré, égal, ou encore heptatonique, pentatonique, à 17, 19, 24, 31 ou 43 unités, etc. Au début, c'était basé sur des critères acoustiques, mais la Tradition, le style et le goût ont eu leur influence.

Gamme est un terme très général, il peut être employé sans se tracasser de son sens exact. Une gamme est un ensemble ou succession d'objets, concrets ou abstraits, rangés dans un ordre croissant ou décroissant ("bas de gamme" et "haut de gamme"). Il a toujours été employé abusivement à la place des autres.

Échelle est aussi un terme un peu général, mais il désigne surtout "tempérament" et n'a jamais posé de problème (on parle de gamme mineure et d'échelle de Pythagore).

Système est très en vogue chez les anglo-saxons, ça désigne presque exclusivement "tempérament".

2. MODE, TONALITÉ ET MODALITÉ

D'après [11] (I, p. 49) [1], "la tonalité est un sentiment naturel de la hiérarchie des sons en vertu duquel ils nous paraissent ordonnés les uns par rapport aux autres, leur signification étant déterminée par une note de base appelée tonique". Cela illustre bien la confusion entre les termes "mode" et "tonalité", dans la musique occidentale. Prenons quelques exemples:

– Les principaux modes sont le majeur et le mineur, leur différence est visible dans la disposition de leurs degrés :

majeur : T, T, ½ , T, etc.
mineur : T, ½, T, T, etc.

Il faut penser à "modèle" qui est de la même racine que "mode".

– Do majeur, Ré majeur, etc., La mineur, Do mineur, etc. sont des tonalités. Une mélodie "doit" être écrite dans une tonalité bien définie ; moduler implique un changement de tonique, ou de mode, ou des deux.

La définition suggérée par ces deux exemples n'est pas valable ailleurs.

L'Europe du Moyen Âge avait le mode de Do (ionien), le mode de Ré (dorien), etc. (voir § suivant), c'est la succession des 7 notes de la gamme heptatonique (7 touches blanches du clavier), la tonique peut être n'importe quel degré, par exemple :

1er degré ou ionien : T, T, ½, T, T, T, ½
2e degré ou dorien : T, ½, T, T, T, ½ , T

On obtient ainsi 7 modes différents, mais on peut commencer le dorien (mode de Ré) par La (on a alors recours à d'autres notes que les 7 de départ). Ce sera le mode de Ré en La, et on ne parle point de "tonalité". Je trouve ce formalisme plus logique.

C'est le même formalisme qui est en vigueur dans la culture arabo-orientale : un chanteur peut interpréter en Mi majeur, du fait de sa voix aiguë, un morceau écrit en Do majeur. Dans son esprit, il restera toujours dans une tonalité majeure (qu'elle commence par Do ou Mi, peu importe), mais il risque d'y avoir confusion avec "le mode" dans l'esprit européen. Les deux termes "mode" et "tonalité" ont un équivalent unique : maqam (chez les arabes et les turcs, dastgah chez les perses et raga chez les indiens), le majeur (ajam) et le mineur antique (nahawand) y figurent parmi un très grand nombre (plusieurs dizaines) de maqams.

[1] Voir aussi "L'imborglio des modes" [89], de J. Chailley.

Enfin, pour toutes ces raisons, des auteurs contemporains préfèrent le terme "modalité". Il reflète une vision logique, universelle, et libérée de l'influence de la culture catholique (les russes et l'église orthodoxe n'ont jamais cessé d'employer les anciens modes). "Par opposition à tonalité, c'est une syntaxe musicale utilisant d'autres gammes que le majeur-mineur classique....", d'après le ***Dictionnaire de la Musique***, p 561, Marc Vignal, Larousse, 1999.

Remarques :

– **Notes tonales et modales** : C'est encore une spécialité de la musique ouest-européenne. Les notes tonales sont les degrés I, IV et V et les modales sont les degrés III et VI. Ces notions, sans fondement acoustique, ne s'expliquent que par la Tradition : elles sont le résultat (qu'on n'a pas osé mettre en cause pendant plusieurs siècles) du manque de rigueur scientifique des théoriciens du XVIIe siècle.

– Le VIe degré mineur est variable selon le type de mineur, d'ailleurs "il sert comme la médiante, mais de façon plus **effacée**, à distinguer les deux modes classiques, majeur et mineur", d'après Challan et Chailley [11] p. 56, § 146 du 1er Tome. Juste avant, § 145, ils reconnaissent que la "tonalité" est déjà établie à l'aide du seul pentacorde.

3. LES GENRES GRECS (ET LES ANCIENS MODES)



Comme on le voit sur les peintures de l'Antiquité, la lyre est le symbole de la musique des anciens grecs, et est aussi le support de leur théorie. La lyre, une sorte de petite harpe, était constituée d'abord d'un seul et ensuite de deux tétracordes séparés par un intervalle d'un ton (c'était l'origine de la division de la gamme en deux tétracordes). Si on commence par la note Mi (comme dans les anciens écrits) :

Mi	Fa	Sol	**La**	**Si**	Do	Ré	**Mi**

*   *   *   *   *   *   *   *

t é t r a c o r d e   t é t r a c o r d e

Les 4 cordes Mi-La et Si-Mi étaient fixes et formaient un intervalle de quarte juste (4/3), avec 9/8 (un ton) d'écart entre les 2 cordes du milieu La-Si (***mese et paramese***), les cordes intermédiaires étaient variables (Annexe X). Cette disposition sera à l'origine des instruments modernes à cordes et à caisse : les cordes à vide donnent les notes fixes, les notes intermédiaires peuvent être exécutées avec le recours aux doigts de la main gauche. On peut simplifier en enlevant la jonction entre La et Si, et on peut rajouter d'autres cordes fixes à intervalles de quarte. Le résultat est un instrument formé d'une caisse, d'un manche, et de cordes séparées par des quartes : Mi-La-Ré-Sol-Do (luth oriental, dont la grande partie du cordage a été reprise par la guitare).

Cette disposition (genus) était qualifiée de diatonique. Les théoriciens grecs ont conçu d'autres modes (genres, ou genera, pluriel de genus) en faisant varier la hauteur des cordes intermédiaires. Ils obtenaient ainsi une grande variété de modes [1] dont certains contenaient des intervalles de quart de ton ou même plus petits [2]. N'ont survécu que les modes basés sur cette structure diatonique, la tonique pouvant être une note quelconque des 7 notes de l'échelle de base, ce qui donne tout de même 7 modes différents (anciens modes du Moyen Âge) qui portent le nom de leur tonique :

[1] Diatonique, chromatique, enharmonique, etc., ce dernier terme désignant des intervalles très petits (par rapport au demi-ton, des quarts de ton par exemple) et avait donc un sens différent de celui qu'il a aujourd'hui.

[2] C'est De Arezzo (vers l'an 1000) qui "ramena tout au diatonique et donna le coup de grâce aux quarts de tons hérités de la mélodie grecque", d'après Amédée Gastoué, ***Dictionnaire du Conservatoire*** (Moyen Âge, p. 559).

Modes anciens :

Ionien	Do	T	T	T/2	T	T	T	T/2
Dorien	Ré	T	T/2	T	T	T	T/2	T
Phrygien	Mi	T/2	T	T	T	T/2	T	T
Lydien	Fa	T	T	T	T/2	T	T	T/2
Mixolydien	Sol	T	T	T/2	T	T	T/2	T
Eolien	La	T	T/2	T	T	T/2	T	T
Locrien	Si	T/2	T	T	T/2	T	T	T

Transposés sur une même tonique Do, ces modes deviennent :

Ionien	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
Dorien	Do	Ré	Mib	Fa	Sol	La	Sib	Do
Phrygien	Do	Réb	Mib	Fa	Sol	Lab	Sib	Do
Lydien	Do	Ré	Mi	Fa#	Sol	La	Si	Do
Mixolydien	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Sib	Do
Eolien	Do	Ré	Mib	Fa	Sol	Lab	Sib	Do
Locrien	Do	Réb	Mib	Fa	Solb	Lab	Sib	Do

4. LES MODES CLASSIQUES

L'un de leurs plus gros inconvénients est la dichotomie (ou bipolarité) majeur-mineur, l'autre étant une échelle duodécimale dépourvue de micro-tons.

La musique européenne, autant classique que traditionnelle, bien que très développée du point de vue harmonique, a vu sa théorie se simplifier pour se résumer à deux modes : le majeur, et le mineur. Comparée à la musique grecque, moyen-orientale ou indienne, c'est maigre. Le grand tournant a eu lieu à la Renaissance (XVIe siècle) :

– critères de la Polyphonie : introduction de la tierce naturelle, problèmes liés à l'Intonation Juste et la suite qu'on connaît,

– disparition complète et définitive des 7 anciens modes. Seul le majeur ou ionien survivra (le mineur n'apparaîtra qu'au XVIIe siècle). Peut-être la richesse "modale" horizontale n'était pas compatible avec le développement de l'harmonie verticale, c'est le "Principe de Compensation" [58, p. 68] [1].

[1] "Il nous faut aussi renoncer au préjugé qui voit dans la forme harmonique un développement, un progrès sur la forme modale", A. Daniélou [15, p 94]. L'idéal serait un juste dosage entre les deux formes.

Remarque : Les statistiques montrent que parmi les 7 modes anciens, environ les trois quarts des œuvres du Moyen Âge étaient composées dans les modes de Do (majeur), La et Ré (tous deux sortes de mineur), avec la part du lion pour le mode de Do. Le mode de Si (locrien) ne représentait même pas 0,1 % de l'ensemble des œuvres. Pour une fois l'explication est évidente, c'est le seul mode dont la quinte Si-Fa n'est pas juste. On a eu alors recours au Sib, qui a été la 1re altération introduite dans la musique européenne.

Les auteurs de manuels de Théorie Musicale utilisent encore le tétracorde pour former les différentes gammes. Cette méthode est évoquée dans cet ouvrage (chap. IX, § 4) uniquement pour des raisons historiques, elle n'a plus de raison d'être.

La méthode logique pour construire une gamme, terme qui prend ici le sens de "mode" (voir § 2), est de calquer son "modèle". Prenez le modèle majeur (mode de Do), et partez de n'importe quelle note parmi les 17 possibles (7 diatoniques, plus 5 bémolées ou diésées), vous tomberez sur l'armure obtenue par la méthode des tétracordes. Exemple de La et Mib majeurs:

La : T ⇒ Si : T ⇒ Do# : ½ ⇒ Ré : T ⇒ Mi : T ⇒ Fa# : T ⇒ Sol# : ½ ⇒ La

Mib : T ⇒ Fa : T ⇒ Sol : ½ ⇒ Lab : T ⇒ Sib : T ⇒ Do : T ⇒ Ré : ½ ⇒ Mib

Cette méthode de "modèle" est tout ce qu'il y a de logique et d'universel, c'est la seule utilisée dans les cultures non occidentales.



Le psaltérion, descendant direct de l'ancienne lyre grecque.

5. LES MAQAMS ORIENTAUX

Nous résumons ici l'idée du formalisme modal du chapitre XVII, car des lecteurs de culture occidentale risquent de ne pas saisir l'importance de ce chapitre. Pour cela, nous les invitons à écouter par exemple : l'Introduction (en houzam, avec ¼ de ton) d'***Atlale*** d'Oum Kalthoum, ou celle (en nahawand, mineur antique, et pas de ¼ de ton) de ***Bafakkar filli nassini*** de Mohamed Abdelouahabe. Ce genre d'œuvres n'a rien à envier à la grande musique européenne de l'époque classique ou romantique. Les chansons de Fairouz sont parfois interprétées par un grand orchestre de type philharmonique.

La démarche pour construire des modes (ou modalités) est a priori simple. Entre la tonique et l'octave vous prenez n'importe quelle combinaison de tons, demi-tons, 3/4 (et parfois 3/2) de ton, avec un nombre total de 7 notes, sans toucher à la sacro-sainte quinte juste. La quarte elle aussi est généralement juste, c'est l'héritage grec du double tétracorde Do-Fa et Sol-Do. Par la suite, le goût, le style, l'époque, la région, et surtout la pratique du luth, s'y sont mêlés. Cela a fait une sélection et un peu d'ordre, mais au bout du compte le nombre de modes dépasse quand même largement la centaine ! Seulement quelques dizaines sont encore employées de nos jours, chaque mode possédant un "éthos" [1] particulier [3, p. 75] [50, p. 71] [79, p. 143-144 et 412-413], voici les plus répandus, par ordre:

Rast	T	¾	¾	T	T	¾	¾
Bayati	¾	¾	T	T	½	T	T
Kourde	½	T	T	T	½	T	T
Nahawand	T	½	T	T	½	T	T
Houzam	¾	T	½	T ½	½	T	¾
Ajam	T	T	½	T	T	T	½
Hijaz	½	T ½	½	T	½	T	T

Nahawand = mineur antique, Ajam = majeur (comme son nom l'indique, il provient de chez les ajams : romains, non-arabes, chrétiens, et étrangers dans un sens plus large, "ajam" est l'origine de l'espagnol ajamido ou aljamido), c'est le mode de référence chez les européens, il a été importé de Turquie en Egypte au XIXe siècle.

[1] Terme de même racine qu' "éthique", car certains modes étaient rejetés par les anciens grecs, alors que d'autres étaient acceptés pour leur "caractère moral", page 109 de ***La théorie grecque antique***, J. Chailley, Éditions les Belles Lettres, Paris, 1979.

Le Hijaz est assez répandu en dehors du monde arabo-oriental. On trouve ses variantes dans les Balkans, chez les hébreux, chez les Tziganes (flamenco), en Afrique du Nord (musique arabo-andalouse), et même en Inde. C'est un maqam du même genre qu'a choisi Maurice Jarre pour composer le thème du film "Lawrence d'Arabie" (même si le Mib n'apparaît pas dans l'armure).

6. TONALITÉS INDIENNES

La musique indienne contient un très grand nombre de tonalités (ragas), composées de 5, 6, 7 ou 8 intervalles, dont chacun contient 2, 3 ou 4 shroutis (le shrouti est la 22e division de l'octave). Les tonalités heptatoniques sont très nombreuses, nous avons choisi celles qui ont un équivalent dans un autre type de musique (oriental pour la plupart). La liste d'origine est celle publiée par Manuel Op de Coul dans son site ***http://www.xs4all.nl/~huygensf/doc/modename.html***, nous le remercions.

1 2 2 2 1 2 2	Raga Asavari (Asaveri), Raga Bilashkhani Todi, Makam Kourd
2 1 2 2 1 2 2	Mineur Naturel, Raga Jaunpuri, Raga Adana, Makam Nahawend
1 3 2 1 1 3 1	Raga Shri, Pantuvarali, Pireotikos: Grèce
2 1 2 2 1 3 1	Mineur harmonique, Raga Kiranavali, Kirvani, Kalyana Vasantha, Maqam Bayat-e-Esfahan, Sultani Yakah,
1 3 1 2 2 1 2	Raga Ahir Bhairav, Bindumalini, Vegavahini, Makam Hijaz, Zanjaran
2 2 1 2 1 3 1	Raga Haripriya, Tabahaniotiko : Grèce
2 1 2 1 3 1 2	Makam Karcigar, Maqam Nahawand Murassah, Kartzihiar : Grèce
1 2 2 2 1 3 1	Mineur napolitain, Raga Dhunibinnashadjam, Maqam Shahnaz Kourdi
1 2 2 2 2 2 1	Majeur napolitain, Raga Kokilaravam
1 3 1 2 1 2 2	Hijaz arabo-oriental, Raga Jogiya, Vativasantabhairavi, Ahava Rabba : hébreux, Maqam Humayun
1 3 1 2 1 3 1	Iranien, Raga Paraj, Kalingada, Maqam Zengule, Hijaz Kar, Suzidil
3 1 1 2 1 3 1	Raga Gangatarangini, Sengiach: Grèce
1 3 2 1 2 2 1	Raga Partiravam, Puriya, Puriya Kalyan, Sohani
2 1 3 1 1 3 1	Raga Madhava Manohari, Maqam Nawa Athar, Hisar, Mineur hongrois
2 1 3 1 2 1 2	Raga Desisimharavam, Maqam Nakriz, Souzinak
2 2 2 1 1 2 2	Lydian Minor, Raga Ratipriya
2 2 2 1 2 1 2	Raga Bhusavati, Lydian-Mixolydian, Bartok
3 1 2 1 2 1 2	Majeur hongrois, Raga Nasamani
1 3 1 1 3 1 2	Oriental, Raga Ahira-Lalita, Mineur Tzigane, Tsinganikos: Grèce

7. LES MODES EXTRA-EUROPÉENS *(NON-WESTERN TONALITIES)*

Les modes anciens n'ont jamais complètement disparu. On trouve leurs traces dans divers endroits en Europe. En Russie, d'après Yarrow P.V. (***http://clem.mscd.edu/~yarrowp/MODEXh.html***), on emploie beaucoup le phrygien (Mi, Kourde), le dorien (Ré, sorte de mineur), l'ionien (Do, majeur) et l'éolien (La, mineur naturel). La musique était très liée à l'Eglise (catholique) au Moyen Âge, il est donc évident que survivent des modes anciens en Russie orthodoxe, région en dehors de l'influence catholique [1].

La liturgie de l'Église Copte d'Égypte emploie un grand nombre de modes très divers, anciens et étrangers, qui peuvent contenir un mélange de dièses et de bémols à la clé, et parfois même des demi-bémols et demi-dièses (***the Coptic Orthodox Liturgy, the American University Press***, le Caire, 1998).

Des compositeurs les ont introduits, timidement, à l'époque romantique : Brahms (andante de la ***Quatrième Symphonie***, thème en mode phrygien), Dvorák (finale de la ***Symphonie du Nouveau Monde***, 1er thème en éolien). Des français, vers la fin du XIXe siècle, se sont inspirés des tonalités dites hispaniques (plus exactement andalouses) : une synthèse de tonalités hispano-mauresques, médiévales, hébraïques (***http://www.col.fr/arche/article.php3?id_article=159***) et tziganes. Il y a principalement le mode de Mi (ancien phrygien, kourde du Chap. XVII) et des variantes du mode Hijaz (Chap. XVII). On les trouve souvent sous forme de danses dans les "espagnolades" de compositeurs tels que Chabrier, Lalo, Ravel, Bizet, Debussy, etc.

L'Émancipation a commencé il y a environ un siècle : Bartók, Hába, Debussy ont introduit des gammes extra-européennes (anciennes, orientales, ethniques) mais, depuis, on observe une vulgarisation progressive tout au long du XXe siècle. La liste des œuvres (ou passages) où apparaissent des modes anciens ou étrangers est longue et concerne tous les styles de musique de nos jours (chap. XX, § 7) :

– thèmes des films : ***le Parrain***, ***Harry Potter***, ***Poppey***
– chansons : ***Norwegian wood*** (les Beatles), ***Tenderely***

Tous les observateurs s'accordent à dire que l'Orient pourrait apporter une évolution à la musique occidentale contemporaine; certains évoquent, implicitement ou explicitement, sa richesse modale.

"Si une nouvelle libération devait se produire en musique, elle viendrait de l'Est, pas de l'Ouest. L'Orientalisme musical a une longue histoire", de P. Griffith [74, p. 99].

[1] "En Russie, la culture musicale porte la marque de l'Église Orthodoxe, le système sonore n'a jamais été soumis à la dictature du majeur et du mineur dans la même mesure qu'en Europe Centrale ou Occidentale", du musicologue Detlef Gojowy, [40, p. 942].

XIX - LES ACCORDS

1. QU'EST-CE QU'UN ACCORD ?

D'habitude on introduit la notion d'accord de 2 manières :

1) Par leur définition : émission simultanée de plusieurs notes qui sont en consonance avec la tonique, ce sont a priori les harmoniques de cette tonique. On trouve alors l'octave (2/1) et l'incontournable quinte parfaite (3/2). La tierce qui est censée être juste (5/4) mais qui ne l'est pas vraiment dans le Système Duodécimal Égal fait partie de l'accord, exemple : Do–Mi–Sol. Les débats séculaires qui sont à l'origine de la conception d'un très grand nombre de tempéraments avaient pour objectif principal de munir l'échelle d'une tierce la plus juste possible (5/4). Il s'agit de l'accord parfait majeur. On a "inventé" l'accord parfait mineur en prenant une tierce mineure de 6/5 ; cette note n'existe pas dans la série des harmoniques [1] mais donne à l'accord Do–Mib–Sol une sensation plus agréable. Dans certains systèmes (Moyen-oriental, Blues), le Mi baissé d'un quart de ton seulement donne à l'accord Do–Mib–Sol une sensation encore plus douce et plus mélancolique.

On peut rajouter d'autres notes à l'accord. L'harmonique suivant de rapport 7/4 = 1,750 correspond à Sib mais il est inférieur au Sib du piano d'environ 1,782 : Do–Mi–Sol–Sib. Signalons au passage qu'il n'appartient pas à la même tonalité mais ça a l'air de ne gêner personne ! On peut continuer en rajoutant l'harmonique suivant de rapport 9/8, c'est la note Ré : Do–Mi–Sol–Sib–Ré, etc. On parle alors d'accords de 7e naturel et 9e naturel.

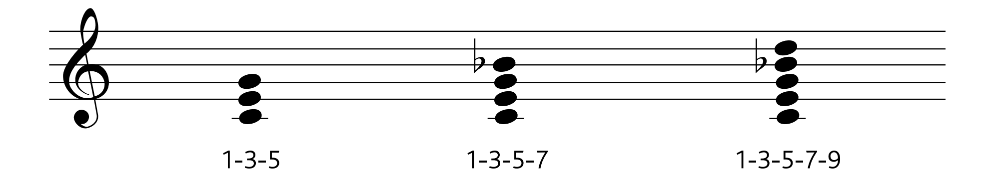
Par prudence, on définit souvent un accord comme une émission simultanée de plusieurs sons, en précisant toutefois qu'un accord peut être naturel (consonant) ou artificiel (dissonant). Les sons appartiennent en principe à une même tonalité, sinon on emploie parfois le terme "agrégat", ce qui ne correspond pas tout à fait au "cluster" venu d'Amérique.

[1] Par manque de rigueur, des auteurs considèrent comme harmoniques le Mib (6/5) ou le Fa (4/3) [41], ce qui est faux (voir Annexe VIII).

2) Par leur notation sur la portée : un accord est affiché comme une suite de tierces majeures ou mineures (parfois diminuées ou augmentées).

1 – 3 majeure, 3 – 5 mineure, 5 – 7 mineure, 7 – 9 majeure

La notion d'accord reste intimement liée à l'épineuse question de la consonance, question toujours débattue mais jamais tranchée (chap. VII).



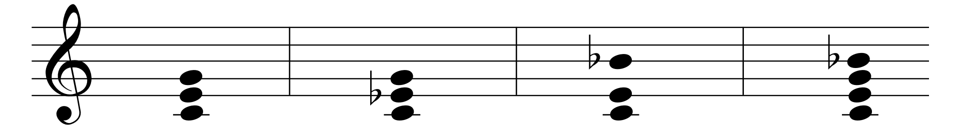
2. CLASSEMENT DES ACCORDS

Le classement des Consonances du chapitre VII s'applique directement aux accords de deux sons. Pour les accords de trois sons ou plus, plusieurs tentatives pour les classer ont eu lieu. Depuis le milieu du XIXe siècle, le piano est alors devenu l'instrument roi, mais les auteurs omettent de préciser qu'ils raisonnent en Tempérament Égal, là où la consonance de la tierce n'est pas très satisfaisante.

En fait, la limite avec la dissonance est floue. Et ce sont les musiciens eux-mêmes (selon l'époque, le style et le goût personnel) qui décident de cette question. L'accord parfait (majeur) a pris forme pendant la Renaissance avec la Polyphonie et le modèle de Zarlino (chap. IX), l'accord parfait mineur est arrivé début XVIIe siècle pour exploiter ce nouvel intervalle de 6/5 supposé consonant. L'accord de 7e a été introduit fin XVIIe siècle, et le 9e autour de 1800 (dates grossières). L'accord de 11e envisagé vers la fin du XIXe siècle n'a jamais réussi à s'imposer (en musique classique), le vrai 11e harmonique ne figure même pas dans la clavier standard bien qu'on le désigne parfois par Fa# alors qu'il est à mi-hauteur entre Fa et Fa#.

Avec les accords artificiels (quinte augmentée ou diminuée, etc.), et les agrégats, aucune règle ne régit plus leur définition. Quelques théoriciens ont essayé de formuler des "Lois Génératrices" des accords (Durutte [55]) et même de les classer (Hindemith [17] ou Bobbitt [90]).

Malgré un manque évident de formation acoustique et de raisonnement mathématique, Hindemith s'est attaqué [17] à plusieurs questions théoriques. Parmi les premiers accords de son classement, on trouve :



3. ACCORDS PARFAITS MAJEUR ET MINEUR

Un son émis par un objet sonore quelconque contient toujours plusieurs harmoniques de plus faibles intensités. Un accord (naturel) n'est rien d'autre qu'un son accompagné d'un ou plusieurs harmoniques.

Ceci exclut la quarte, qui ne figure dans aucun accord même artificiel (voir Annexe VIII), et renforce notre opinion sur la quarte considérée comme une consonance par certains théoriciens se basant sur une fausse idée de la consonance (chap VII) formulée par un théologien du Moyen Âge.

Il faut garder à l'esprit qu'il s'agit de l'accord parfait majeur de la forme Do-Mi-Sol, car il est censé être formé des harmoniques de rapport 3/2 (Sol) et 5/4 (Mi). Pour obtenir les accords suivants désignés par 7e et 9e naturels, il faut rajouter les harmoniques d'ordre 7 et 9: Sib (7/4), Ré (9/4).

Les 3 sons doivent être consonants entre eux :

Do-Mi-Sol : le rapport entre Sol (3/2) et Mi (5/4) est $3/2 \div 5/4 = 6/5$ (tierce mineure)

Do-Mib-Sol : le rapport entre Sol (3/2) et Mib (6/5) est $3/2 \div 6/5 = 5/4$ (tierce majeure)

L'accord parfait mineur est le fruit de l'imagination de l'homme. Il a été formulé vers la fin de la Renaissance (ou le début du Baroque) pour inclure la consonance de la tierce mineure de rapport très proche de 6/5 et exploiter davantage les notes disponibles dans le tempérament mésotonique. L'accord parfait mineur n'est qu'une altération qui donne un nouveau teint, et qui n'a pas de fondement théorique ou acoustique (Mib 6/5 n'a jamais été un harmonique de Do, § 1), ce qui ne l'empêche pas de résonner d'une manière plus agréable que l'accord parfait majeur **dans le Tempérament Égal**. De toutes façons, le Mi est supérieur à 5/4, le Mib est inférieur à 5/4, et la vraie consonance se trouve entre les deux.

Remarque

La gamme de Zarlino (chap. IX, § 3) peut être vue comme une suite de trois accords de quinte formés autour de Do-Sol : Fa-La-Do/Do-Mi-Sol/Sol-Si-Ré, la tierce est forcément majeure. Vers la fin de la Renaissance, on a admis la consonance de la tierce mineure et, par analogie, on l'a introduite dans les accords de quinte précédents. Résultat : Fa-Lab-Do/Do-Mib-Sol/Sol-Sib-Ré, **c'est la naissance de la gamme mineure, et la mort de tous les modes anciens**.

4. RENVERSEMENT ET BASSE FONDAMENTALE

Implicitement on a toujours supposé l'accord exécuté dans son état fondamental, la tonique d'abord en comptant à partir du bas : càd Do-Mi-Sol ou Do-Sol-Mi .

Mais qu'advient-t-il à cet accord s'il est renversé ? Rameau, dont les traités constituent les fondements de l'Harmonie moderne a constaté que : "la basse fondamentale à son tour est produite par le concours des sons harmoniques", et ce n'est pas un principe de système mais un fait d'expérience connu dans l'Italie depuis longtemps, dixit Rameau (rappelons que sa théorie concernait uniquement la tierce et la quinte). Cela signifie que si on joue Mi et Sol, la basse fondamentale Do sera reproduite, donc reconstituée à partir de Mi et Sol [91].

Il m'est difficile d'admettre une telle hypothèse, car les résultats du calcul ne la confirment pas, et c'est facile à prouver. Examinons l'"accord" Mi-Sol-Do :

Si la tonique Do a une fréquence f, les harmoniques de son octave 2f sont :

$$2f,\quad 4f,\quad 6f,\quad 8f,\quad \text{etc.}$$

Et ceux de Mi (5/4 de f) et de Sol (3/2 de f) sont :

$$(5/4)f,\quad 2(5/4)f,\quad 3(5/4)f,\quad 4(5/4)f,\quad \text{etc.}$$
$$(3/2)f,\quad 2(3/2)f,\quad 3(3/2)f,\quad 4(3/2)f,\quad \text{etc.}$$

Si on les regroupe (dernière ligne), il est évident qu'ils sont tous des multiples entiers de la fréquence f/4 : toute combinaison donnerait donc un multiple de f/4. Rameau en a déduit l'existence de la tonique, même si elle est transposée deux octaves plus bas !

0f								2f								4f								6f								8f
Do								*								*								*								*
Sol						*						*						*						*						*		
Mi					*					*					*					*					*					*		
					*	*		*		*		*			*	*		*		*				*	*					*		*
					5 4	6 4		8 4		10 4		12 4			15 4	16 4		18 4		20 4				24 4	25 4					30 4		32 4

Combiner 2 sons de fréquences (3/2)f et (5/4)f, d'après des formules élémentaires de trigonométrie, donne des sons de fréquences (3/2×f + 5/4×f)/2 = 11/8×f et (3/2×f – 5/4×f)/2 = 1/8×f, et je ne vois guère de “basse fondamentale”.

Le renversement d'un accord n'a rien à voir avec l'accord à l'état fondamental, et contient généralement des notes (théoriquement) dissonantes ! Exemple :

- **Mi-Sol-Do contient une sixte mineure Mi-Do de rapport 8/5.**
- **Sol-Do-Mi contient une quarte 4/3 qui ne figure dans aucun accord naturel ou artificiel, et une sixte majeure 5/3 (≈27/16).**

5. ACCORDS DE PLUS DE TROIS SONS

Nous avons déjà traité le 7e harmonique et l'accord de 7e naturel au chap. XII, § 3, reprenons les éléments essentiels. Cet accord doit contenir la consonance suivante qui correspond à Sib. Le Sib du clavier standard a un rapport de 1,7818 et le vrai harmonique, du 7e rang et déjà proposé par Euler et Huygens au XVIIIe siècle (chap. XII), a un rapport de 7/4 = 1,750. Leur écart est de 1,7818/1,75 = 1,0182 ou 31 commas.

La 7e mineure est jointe à l'accord parfait depuis plusieurs siècles même si elle est loin d'être un harmonique de la tonique. L'explication n'est plus du ressort de l'Acoustique : les acousticiens, pour inclure cette consonance, ont élaboré d'autres tempéraments (à 19, 31 et 43 tons). Les musiciens, eux, se sont contentés de solutions plus douces, quand ce n'est pas le style de musique ou le goût qui s'impose ou un Pape qui interfère dans les questions de Théorie Musicale (chap. IX, § 2).

Avec 31 commas d'écart, il est inutile de faire une étude détaillée comme au § 3. Les arguments théoriques et acoustiques arrivent donc à la limite de leur validité, pour céder la place à la Tradition.

Le rajout de l'harmonique d'ordre 9, de rapport 9/8, n'apporte rien de particulier. Sa résonance, pourtant faible, n'est pas mise en cause et ne crée guère de problème. Un accord parfait (naturel) est maintenant composé d'une note de base, de sa tierce majeure, de sa quinte (juste), de sa septième mineure, et de sa neuvième majeure. L'accord de neuvième (comme celui de septième) de dominante ne comporte que des notes faisant toutes partie de la tonalité : Sol-Si-Ré-Fa-La.

Le rapport harmonique suivant est celui de rang 11, théoriquement il vaut 11/4=2,75 (ou 2,75/2=1,375). Il correspond à un son compris entre Fa et Fa#, c'est la note X du chap. III, § 2.

D'après Chailley et Challan [11, p13 du Tome 2], pour former l'accord de **11e naturel**, il faut ajouter au précédent [9e] la consonance suivante : **11e augmentée** ou Fa#. Il y a donc confusion. Fa a un rapport de 1,333 à peu près dans tous les systèmes, alors que Fa# a un rapport de 1,424 et 1,414 (moyenne = 1,419) dans le Pythagoricien et le Duodécimal Égal respectivement : 11/8 = 1, 375 n'est pas plus près de 1,419 (Fa#) que de 1,333 (Fa) ! C'est exactement le milieu, il était noté Fa≠ (demi-dièse) dans la Musique Spectrale des années 1970.

Il est évident qu'il n'est plus légitime de parler d'accord de 11e, la note X= Fa≠ ne faisant même pas partie du Tempérament. Les musiciens ont réussi à en trouver un, peu importe l'appellation (naturel ou augmenté). Il est constitué de tierces en alternance majeures et mineures et c'est une configuration qui plaît aux praticiens. Ç'est très joli sur une portée, des notes qui se suivent sans s'entrelacer, placées sur des lignes ou sur des interlignes.

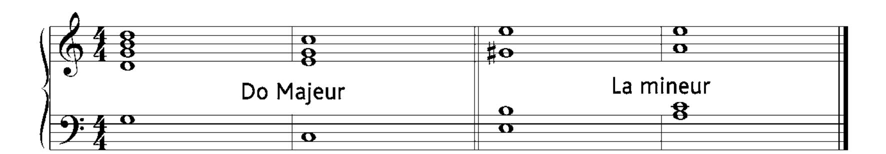
6. ENCHAÎNEMENT ET RÉSOLUTION

Si l'Enchaînement dans le cas général (passage d'un degré dissonant à un autre consonant ou vice-versa) peut s'expliquer par des critères d'Intonation (comme l'interdiction des quintes et octaves parallèles) et d'esthétique, la Résolution elle est un mélange d'Acoustique et de Tradition [92, p. 35/§ 61]. Rameau a préconisé un mouvement de quinte à la Basse Fondamentale, mais pour les trois voix supérieures Th. Dubois parle de : "notes communes" ou "qualités des degrés d'où partent ou sur lesquels aboutissent les enchaînements".

L'auditeur garde toujours à l'esprit la tonique, de la même manière qu'il mémorise la tonalité. De là, il ne se sent à l'aise que si la phrase se termine par la dite tonique. C'est ce qu'on désigne par "fonction conclusive". La meilleure manière d'y arriver est

le passage par la sensible (ou 7e majeure) : du fait de l'écart d'un demi-ton qui génère des battements, et la conclusion sur un accord qui élimine ces battements, on ressent alors une sensation de satisfaction presque inouïe. A défaut, un mouvement par ton entier est plutôt agréable. Le reste, c'est un ensemble de recettes formulées d'après ces principes.

Nous reprenons ici le dernier des 3 exemples de Th. Dubois [92, p. 36/§ 61], il représente la cadence parfaite :



C'est le mouvement d'un demi-ton de Si vers Do et de Sol# vers La qui provoque ce sentiment de détente connu de tous les musiciens. L'effet d'un mouvement par ton (Ré vers Do ou vers Mi) contribue, à moindre degré, à ce sentiment. Quant au mouvement de la quinte vers la tonique, il n'est pas facile à expliquer (chap. XIII, § 3), et le peu de théoriciens [1] qui s'y sont aventurés n'ont jamais été convaincants [54, p. 38]. Résultat : pour un arrêt sur l'accord de Do majeur, on a déjà Sol et Si. On peut rajouter Ré pour former un accord parfait, et un Fa (passage de demi-ton vers Mi) qui complètera l'accord de 7e de Dominante.

[1] Durutte qui a élaboré des formules mathématiques sur le saut d'un ton ou d'un demi ton [55] est resté relativement discret sur le saut d'une quinte.

XX - DE LA MÉSOPOTAMIE À LA CALIFORNIE

1. DES ORIGINES LOINTAINES

C'est l'Aventure la plus longue et la plus extra-ordinaire de toute l'Histoire de l'Humanité. Elle a débuté en Mésopotamie environ 3 millénaires avant J.C., pour s'arrêter sur la côte ouest des États-Unis (chap. XIV, § 7) en passant par l'Antiquité greco-romaine et la Renaissance, se mélanger avec des musiques "extra-européennes" et former ainsi un Melting Pot à l'échelle de toute la Planète, et finir par subir les effets d'une Mondialisation qui ne dit pas son nom (et qui ne peut avoir que des avantages dans ce domaine).

Le "**Système Universel**" qui est la base de la théorie musicale et la plate-forme de toutes les échelles musicales jamais créées par l'homme est accrédité par les occidentaux à Pythagore (savant et mathématicien grec du VIe siècle avant J.C.). En vérité, ce n'est pas lui qui l'a conçu, il l'a apporté de Mésopotamie [15] où il a séjourné pendant environ une décennie [1]. D'ailleurs il n'a pas laissé d'écrit (voir chap. VI, § 1) [2], ce sont peut-être ses disciples qui ont expliqué son idée, et encore ! sous quelle forme ? car les chiffres grecs étaient assez compliqués à exprimer.

Ce Système qui a été adopté par les peuples du Moyen-Orient avant même qu'il soit étudié par les théoriciens grecs, ou quelque chose de très similaire, avait été découvert séparément en Chine, des millénaires avant J.C. Alain Daniélou pense que de là il aurait transité en Inde [15, chapitres III et IV], mais l'hypothèse d'Ulrich Michels [16, p. 166] est quelque peu différente, et je suis plutôt du même avis que ce dernier (chap V, § 5).

---

[1] "Les grecs avaient reçu la plupart des éléments de leur Système Musical de l'Égypte et du Proche-Orient [Mésopotamie], ce dont ils ne se cachaient nullement", Alain Daniélou, dans "*Traité de Musicologie Comparée*", [15, p. 125].

[2] Même le théorème qui porte son nom était connu des babyloniens, d'après le Dictionnaire Encyclopédique *Le Petit Larousse Illustré* de 1997.

Le "Tempérament" qui désignait au début (XVIIe siècle) la manière de "tempérer" (les 2 termes sont de la même racine) l'Echelle Musicale, a changé de sens pour devenir : le choix d'un certain nombre de notes ou degrés du "Continuum Sonore" pouvant servir à composer une mélodie (chap. VIII, § 1).

On a construit l'Echelle Musicale car, a priori, on ne peut pas faire de la musique avec des notes quelconques du Continuum Sonore. La procédure du "Cycle des Quintes" paraît très logique, sinon elle n'aurait pas traversé les âges. Le seul défaut que je lui trouve est que le Cycle des Quintes ne se referme pas, c'est pour cela que certains préfèrent parler de Spirale : 12 quintes (justes) égalisent 7 octaves sur le clavier d'un piano; rigoureusement, l'écart est d'un comma ditonique [1] de 23,5 cents (environ un neuvième de ton). Mais les théoriciens de la Renaissance avaient trouvé un autre inconvénient, concernant la tierce et qui a réussi à changer le cours de l'Histoire de la musique ouest-européenne (§ 2).

2. UNE ANALYSE ACOUSTIQUE

L'Harmonie prend ses origines dans la Polyphonie qui s'est développée en gros entre 1000 et 1500. On a rajouté à la mélodie du Chant grégorien des notes à un intervalle de quinte ou de quarte, car on pensait que c'étaient les intervalles les plus harmonieux. Plus tard, la quarte n'était plus bien appréciée (pour des raisons historiques, dit-on ! [30, p. 335]) et a cédé la place à la tierce. Mais la tierce pythagoricienne de rapport 81/64 = 1,265 n'était pas appréciée davantage et on lui a préféré une tierce juste de rapport 5/4. Il faut signaler enfin que ce n'est pas la tierce elle-même qui a posé problème (chap. IX, § 2), mais c'est l'importance qu'on lui a donnée et son emploi à outrance dans les œuvres polyphoniques jusqu'à pousser l'Église catholique à éditer un décret pour l'interdire en 1324 [37]. On a alors cherché d'autres Tempéraments, comme le modèle à tons moyens (mésotonique) de Pietro Aaron, ou celui de Zarlino qui n'a duré qu'un demi-siècle environ mais qui a eu des conséquences très néfastes sur la musique occidentale (en particulier la disparition des anciens modes et l'instauration de la dichotomie majeur-mineur, voir Remarque chap. XIX, § 3).

Tout au long du présent ouvrage je me suis attaché à faire une **analyse acoustique la plus objective de la musique**, et j'ai alors été amené à me placer sur un terrain neutre où toutes les musiques sont considérées du même pied d'égalité. Pour le physicien que je suis, toutes les musiques sont ethniques (Annexe XI).

1 Le comma syntonique est l'écart entre le Mi pythagoricien 81/64 et le Mi naturel 5/4, sa hauteur est de 1,0125 ou 21,5 cents (voir chap. X, § 2).

Les vingt chapitres sont jalonnés d'éléments historiques, c'était nécessaire pour comprendre l'évolution de l'aspect acoustique au cours de l'Histoire. D'ailleurs comme on peut le constater, jusqu'à 1900 environ, les noms cités sont presque tous des physiciens ou des mathématiciens : Pythagore, Euclide, Ptolémé, Alfarabi, Zarlino (Zarlino est rarement considéré comme musicien car presque toutes ses œuvres sont perdues !), Galilei, Mersenne, Euler, Descartes, Huygens, Savart, Sauveur, Helmholtz, Woolhouse…, ou quelques rares musiciens qui se sont consacrés à la théorie musicale (Safyouddine [1], Rameau) ou des facteurs d'instruments (Werckmeister). Et si des auteurs ont critiqué la référence à des bases scientifiques [93] [94], c'est que tout simplement ils ne les maitrisaient pas.

3. LA CONSONANCE

Depuis la Renaissance, la question de la Consonance et de l'Intonation Juste (chap. VII) était au cœur de la Théorie Musicale, elle était à l'origine de la conception des nombreux Tempéraments du XVIIIe siècle (plus d'une centaine, chap. VIII). Cette notion n'a jamais été maîtrisée par les physiciens, et encore moins par les théoriciens de la musique. La plupart des intervalles utilisées en musique sont plus ou moins consonants, mais leur classement n'a jamais fait l'unanimité. Rappelons qu'elle est définie d'une manière subjective, se basant sur l'appréciation de l'oreille humaine qui n'a jamais été un appareil de mesure précis. Encore faut-il compter avec le goût, le style et la culture de l'auditeur. Des auteurs ont cherché à favoriser le facteur psychologique (Stumpf, *Tonpsychologie*, 2 volumes, Hirtzel, Leipzig, 1883 et 1890), ou à trouver une explication du coté des neurones cérébraux (Tanner), quand ce n'est pas carrément l'aspect génétique (Moore H. T. [31, réf. 29]).

On a commencé à la comprendre un petit peu avec Helmholtz vers la fin du XIXe siècle [8], mais les résultats qu'il a obtenus concernant le classement ne me paraissent pas satisfaisants. Depuis, un grand calme a régné chez les physiciens car apparemment on ne pouvait plus rien tirer de cette notion qui n'est définie ni par des mesures ni par des formules mathématiques. Dans les années 60, ils ont élaboré autour de l'idée de Helmholtz des théories qui s'écartent un peu de la notion de départ, comme la théorie de la Bande Critique (Pierce [32], Plomp et Levelt [31]) dont nous avons montré les défaillances (chap. VII, § 9). Leurs études sont généralement

[1] Safyouddine, mort aux alentours de 1293, était menestrel officiel chez Al Mouatassime, dernier Kalife de Baghdad. Il a laissé plusieurs ouvrages de Théorie Musicale dont *Traité des rapports musicaux*, traduit par le baron Carra de Vaux (Paris, 1891), et *Livre des cycles musicaux*, traduit par le baron Rodolphe d'Erlanger dans son livre sur *la Musique Arabe* (tome 3, Paris, 1938). (voir aussi § 6).

publiées par des revues prestigieuses certes (telles que *Journal of the Acoustical Society of America*) mais inaccessibles aux premiers concernés, qui sont les musiciens. Leurs résultats n'en demeurent pas moins discutables. Pierre Schaeffer avait raison de dire [69, p. 162] qu'"on pourrait reprocher davantage aux acousticiens le manque de discernement de leur intrusion dans la musique".

Nous avons étudié la Consonance aussi bien du point de vue théorique qu'expérimental, en partant toujours du fait que c'est l'appréciation auditive qui reste la référence. Aristoxène de Tarente (disciple d'Aristote, philosophe, musicien et théoricien du IVe siècle avant J.C.) l'avait déjà signalé il y a environ 2500 ans. Et pour analyser ce que ressent l'oreille, la manière la plus objective est de le présenter sous forme graphique (courbe), la forme analytique (formules et équations) n'est pas directement exploitable. L'aspect visuel de la courbe sonore peut répercuter l'influence des différents paramètres acoustiques (battements, rapports simples, etc., chap. VII, § 8) et renseigner sur le degré de consonance des intervalles. Les autres paramètres (psycho, ethno, ou même génétique), tout en étant variables et aléatoires, je suis persuadé que leur effet est beaucoup moins important qu'on le prétend.

H. Partch est le fondateur d'une théorie audacieuse sur l'Intonation Juste, il conteste même la notion de Consonance en l'étendant à des intervalles jugés dissonants et tombés en desuétude depuis fort longtemps. Pour Tanner [95], "l'hypothèse d'un lien de causalité entre harmoniques [consonance] et intervalles [échelle] n'est pas justifiée"; il n'a pas tort dans la mesure où le Système Duodécimal actuel ne comporte que la quinte comme unique consonance rigoureuse et non contestée à l'intérieur de l'octave.

4. LE XVIIIe, SIÈCLE DES LUMIÈRES ET DES TEMPÉRAMENTS

Le XVIIIe siècle était le Siècle des Lumières et des grands penseurs européens, principalement français, mais il était aussi celui des Tempéraments. Après l'ajustement apporté par Aaron (équilibre entre la tierce et la quinte, chap X §1) et la généralisation du Mésotonique vers la fin du XVIIe siècle, cela ne suffisait plus aux nouveaux théoriciens dont certains avaient l'avantage d'avoir une formation scientifique (Euler, Sauveur, Huygens, etc.), Rameau n'en avait pas et pourtant ses idées étaient très en avance par rapport à son époque. Ils ont conçu un grand nombre de Tempéraments mais le 7e harmonique (inférieur à la 7e mineure) n'était fourni par aucun d'entre eux, et ils voulaient l'inclure même si ça devait bouleverser le bon vieux Système à 12 degrés.

Le théoricien, compositeur et violoniste Tartini G. de Padoue (auteur de plusieurs ouvrages, 1692-1770) en était un fervent défenseur, Euler L. (1707-1783) l'a étudié dans son *Tentamen* (1739) [24] et l'a introduit dans ses modes (genera musica). Mais

à une époque où on s'ingéniait à élaborer les Systèmes Tempérés les plus sophistiqués et qui convergeaient fatalement vers le Système Égal Duodécimal, gradué en demi-tons de 100 cents, personne n'avait approfondi les recherches dans le sens d'inclure une 7e harmonique. Celui de Huygens à 31 tons en avait une, mais depuis sa mort vers 1700, il est tombé dans l'oubli jusqu'à ce qu'un autre hollandais le relance, peut-être pour des raisons patriotiques, vers 1940 [1].

5. LE XXe SIÈCLE

Les nombreux Tempéraments conçus depuis la Renaissance ont convergé tout droit vers le Système Égal (chap. X et XI). Il faut bien se rendre à l'évidence, après environ trois siècles et demi (en gros, de 1550 à 1900), le "modèle naturel" basé sur la résonance du corps sonore (chap. III, § 2) et défendu par les anciens théoriciens n'a jamais pu se concrétiser. Et cet aspect acoustique a occupé les théoriciens jusqu'à la fin du XIXe siècle. Depuis, c'est le bouleversement sur tous les fronts. Sans parler des théories pseudo-scientifiques de Schillinger et Hindemith (dont les auteurs manifestent de graves symptômes de lacunes scientifiques) ni de l'"Émancipation du langage harmonique" de Scriabine (et l'emploi d'accords formés de 4tes au lieu des 3ces) ni de la Poly-tonalité difficile à mettre en œuvre :

- Chromatisme (fin XIXe), Dodécaphonisme et Sérialisme (début XXe) avec "la remise en cause" par l'École de Vienne du Système Tonal (chap. XIII),
- Fin de la bipolarité majeur-mineur et Emploi de nouveaux modes : extra-européens, anciens, pentatoniques, à tons entiers, etc. (Bartók, Debussy),
- Introduction de ce qu'on a convenu d'appeler "Bruit" (chap. III, § 4 et chap. XV) par les futuristes italiens et l'explosion de nouveaux instruments [67, pp 45 à 49], depuis la Russie (avec Léon Thémérine) jusqu'aux U.S.A. en passant par l'Europe,
- Le Timbre comme nouvelle composante de l'œuvre, le quatrième paramètre dans le Sérialisme Intégral,
- Les percussions et le rythme (rôle percussif du piano dans certaines œuvres) prennent une dimension imposante jusqu'à écarter les cordes (E. Varèse), formation aux U.S.A d'Ensembles de Percussions (Lou Harrisson, John Cage,...) et apparition des instruments chromatiques (xylophone, vibraphone, marimba,...),
- L'entrée progressive des micro-tons en Europe (Haba, Bartok, Busoni, Wyshnegradsky, etc.), première moitié du XXe (chap. XIV),

[1] Ses partisans, très actifs, sont regroupés au sein de la "Huygens-Fokker Foundation" qui gère le "Centre for Microtonal Music" (Weesperzijde 23, NL-1091 EC Amsterdam, Hollande).

– Émergence d'une mouvance micro-tonaliste sur la Côte Ouest des U.S.A dont le fondateur est H. Partch, seconde moitié du XXe (chap. XIV),
– Réapparition triomphante de quelques anciens Tempéraments (à 19, 31 et 43 tons) conçus et défendus par d'éminents physiciens et mathématiciens d'antan (Sauveur, Huygens, Euler, Woolhouse) et contraints à l'oubli par la quantité incroyable d'œuvres composées dans le Système Duodécimal, soutenu par le piano, instrument tyrannique (dixit H. Partch),
– L'Électo-acoustique et l'emploi de moyens électroniques (dont la bande magnétique) pour le traitement des sons (au lendemain de la Seconde Guerre),
– L'Électronique, pour la création de nouvelles sonorités inexistantes dans les instruments conventionnels, à partir des années 60 (Musique Acousmatique, chap. XVI, § 1), et le Synthétiseur qui a rassemblé autour de lui toutes les musiques du monde,
– L'Ordinateur, pour la Composition Automatique ou C.A.O. et l'application des théories mathématiques (Xenakis) (chap. XVI), mais aussi pour l'Orchestration (Arrangement) ou M.A.O., en Studio ou tout simplement à domicile (chap. XVI, § 6),
– L'apparition dans les années 70 de la Musique Spectrale, une manière désespérée pour défendre "l'Intonation Juste",
– Aux U.S.A., pays du Melting Pot, Henry Cowell est le précurseur de la recherche des Nouvelles Ressources Musicales [68], qui ne sont plus seulement théoriques ou techniques, mais culturelles (excepté en Occident, aucune culture n'est soumise à la dictature du duo majeur-mineur, chap. XVIII, § 7).

Force est de constater que la musique a réalisé en un siècle beaucoup plus de progrès qu'en 4 ou 5 millénaires, et tout ce progrès est dû (presque) exclusivement à l'aspect acoustique (objet de cet ouvrage) et non à la Théorie Musicale au sens strict.

En cette fin de millénaire, on peut retenir l'émergence de 3 grandes tendances :

1) L'Électronique, 2) la Micro-tonalité et surtout 3) l'avènement des tonalités "extra-européennes"(§ 7).

L'Électronique est omniprésente dans la musique contemporaine. Elle possède des moyens capables de fournir tout : traitement du son, création de nouveaux timbres (guitare électrique, synthétiseur...), Musique Acousmatique, mais aussi possibilité de micro-tons et "échelles non duodécimales", C.A.O. et M.A.O. (Composition et Musique Assistées par Ordinateur).

Le Synthétiseur et l'Ordinateur sont en passe de remplacer l'Orchestre, c'est le nouveau visage de la musique. Cela a commencé au début des années 60 avec un appareil électronique rudimentaire pour manipuler le son des instruments

conventionnels : le modulateur en anneau utilisé pour la première fois par Stockhausen servait à additionner ou soustraire les fréquences de différents spectres sonores, ce qui générait des spectres tout à fait inédits.

L'Électronique, depuis environ un demi-siècle, règne sur le monde musical comme elle le fait dans tous les domaines (depuis les jouets d'enfants les plus simples, jusqu'aux appareils les plus sophistiqués dans les sciences et les techniques).

6. LA MICRO-TONALITÉ

Ses origines remontent à l'Antiquité et elle n'a jamais complètement disparu d'Europe (chap. XIV, § 2). La 1re échelle micro-tonale de l'Histoire, à 17 tons, a été conçue au XIIIe siècle par Safyouddine [4, tome 3, p. 230], et a inspiré les théoriciens de la Renaissance [35]. Elle a été qualifiée de "la plus parfaite division qui ait été jamais conçue..." par Sir Hubert Parry, dans son livre ***The evolution of the art of music*** en 1896.

Elle est réapparue au début du XXe siècle avec des musiciens novateurs et audacieux comme Alois Hába, Carrillo, Busoni, Yasser et Wyschnegradsky à peu près au même moment que le Sérialisme (les années 20). Si le Sérialisme tourne autour d'une idée unique et simple et a été adopté par quelques compositeurs pendant un certain temps, la Micro-Tonalité elle soufre d'un grand handicap : c'est l'absence de standard. Echelles, micro-tons, notations, théories, etc., tout est hétérogène. Il faudra attendre les dernières décennies du XXe siècle pour voir son foyer se déplacer vers l'Amérique et les idées se cristalliser autour des échelles à 19 et 31 tons.

En Europe, outre Alain Bancquart (***http://mapage.noos.fr/alainbancquart***), un petit groupe de hollandais s'active au sein de la "Huygens-Fokker Foundation" (chap. XIV, § 2) et un éditeur (Diapason Press), lui aussi hollandais, publie des partitions micro-tonales [1]. Aux U.S.A. par contre, c'est une grande mouvance (basée sur la Côte-Ouest, en Californie) qui a entraîné dans son sillage un nombre important de compositeurs et de théoriciens [2]. Les américains n'ont pas une culture profonde de la musique classique comme en Europe et sont nombreux "de la Côte Ouest qui trouvent des affinités fort électives avec les cultures orientales" [62, p. 88].

Ce phénomène est directement lié à la Consonance. Il y a un siècle environ on a parlé de "l'émancipation de la dissonance", pour défendre Dodécaphonisme et Sérialisme (chap. XIII, § 5), et la Micro-tonalité a introduit des intervalles de 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/8 de ton, etc. Implicitement elle soulève la question de la Consonance : H. Partch [53]

---

1 Pour le Répertoire Micro-tonal, voir ***http://www.xs4all.nl/~huygensf/doc/discs.html***.

2 Chercher à l'aide d'un Moteur de Recherche anglophone : "micro-tonality west coast"

rejette complètement cette notion, emploie des intervalles de rapports absolument quelconques, et refuse même le standard duodécimal imposé par le piano (et l'auteur est de son avis sur ce dernier point). Même le concept fondamental de la musique est souvent remis en cause puisque l'on commence à se demander pourquoi se limiter au choix de quelques sons et intervalles alors que le spectre sonore (de la tonique à l'octave) est continu et infini; la sacro-sainte notion de l'octave est aussi parfois transgressée [96] (prière de relire la phrase de Schaeffer § 3).

Le Tempérament Égal existe toujours, il est même encore dominant car, si les chercheurs acousticiens préparent la musique du XXIe siècle, le français moyen, et même le français mélomane, continue d'apprécier la musique véhiculée par les média (radio, TV, cinéma, Internet,...) et celle enracinée dans les différents folklores, et composée à 95 % sur l'échelle duodécimale. La Micro-Tonalité manque de Standard, et elle doit trouver un modèle théorique unifié englobant les principales tendances, un support matériel (chap. VIII, § 9) incarné par un clavier unique ou adaptable, et une notation homogène.

7. LES MODES EXTRA-EUROPÉENS

Le trait le plus important qu'on nous prédit pour l'avenir est "la fin de l'ethnocentrisme culturel de l'Occident" (M. Texier [65]).

C'était fatal, cette "ethno-musique européenne" se fonde sur la dichotomie majeur-mineur instaurée au XVIe siècle pour des raisons trop controversées (chap. VII, VIII, IX), alors que la planète regorge de tonalités. Elle "veut imposer son universalité" [62, p. 144], mais la lecture des 20 chapitres de cet ouvrage prouve qu'elle n'a rien d'Universel.

L'emploi de modes extra-européens a commencé lentement dès la 2e moitié du XIXe siècle. Quelques français se sont inspirés dans leurs "espagnolades" des tonalités dites hispaniques (plus exactement andalouses) : une synthèse de tonalités hispano-mauresques, médiévales, hébraïques et tziganes : il y a principalement le mode de Mi (ancien phrygien, kourde du Chap. XVII) et des variantes du mode Hijaz (Chap. XVII). Les autres compositeurs ont découvert les musiques extra-européennes (orientales, et ethniques divers) lors des grandes Expositions Universelles de fin XIXe/début XXe. Mais le vrai précurseur dans ce mouvement reste Bartók : il a été influencé par le folklore de son pays à la fois proche des orthodoxes et des turcs et donc à la limite de l'influence de l'Église Catholique.

Cette tendance déjà bien marquée dans la musique de l'Europe de l'Est (en particulier chez Moussorgsky) touche maintenant la Variété et autres musiques modernes (World Music) : les mélanges sont fréquents et ça ne choque plus personne (jazz, classique, oriental, latino et africain...), un vrai "bouillon de cultures" !

Le prétendu "déclin" ou "épuisement" du Système Tonal qu'on situe aux alentours de 1900 a été annoncé pour justifier le Sérialisme, "censé assurer la suprématie de la musique allemande pour les cent années à venir", dixit Schoenberg (sans comparaison aucune, cela rappelle un autre autrichien qui voulait batir un Reich pour mille ans). En fin de compte, peu de gens ont touché au Sérialisme [58, p. 40] qui "a été beaucoup plus vite abandonné qu'on ne s'y attendait" [40, p. 1279]. Dès les années 60, personne ne pouvait contester la fin du Sérialisme, le Tempérament Duodécimal Égal et le Système Tonal, eux, sont toujours là, plus forts que jamais.

Ce Système Tonal que les européens appliquent dans leur musique harmonique depuis le XVIIe siècle, est un phénomène naturel, universel (chap. XIII, § 3), et répond tout simplement à des impératifs acoustiques et physiologiques. Il a toujours été appliqué dans la musique mélodique (ou monodique) dans tout le Moyen-Orient avant la Renaissance. Le charme apporté par les musiques étrangères et le grand nombre de leurs tonalités ne le mettra jamais en cause. "Certains compositeurs avouent toutefois, dès les années soixante, leur curiosité pour le monde modal des lointaines traditions extra-européennes", Duteurtre, dans "Requiem pour une avant-garde" [58, p. 112] [1].

[1] Des chansons ou thèmes de films sont composés sur des modes extra-européens par les anglo-saxons, nous en avons choisi quelques exemples (sur des modes anciens) pris dans des Sites Web, avec toutes réserves.
Mixolydian : *Star Wars theme* ; *Ritual Fire Dance* ; *Norwegian Wood* (les Beatles) ; *The Visitors* (Abba) ; *City of New Orleans* (Arlo Guthrie) ; *Yankee Doodle* ; *When Johnny Comes Marching Home*
Phrygien : *So Cold the Night* (Jimmy Somerville) ; *Sailing, Sailing*
Lydien : *Take My Breath Away* (Top Gun) ; *Danny Boy* ; Série TV *The Simpsons*
Dorien : *Jingle Bells Rock*
Éolien : *Neutron Dance* (Beverly Hills Cop) ; *Washington Square* ; *The Good*, *The Bad, and the Ugly*



L'auteur chez lui, avec son piano

REPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTERE DE L'ÉDUCATION NATIONALE
RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

PRIX DE THESE CNRS
1986

Le Directeur Général du CNRS,

Le Président du jury réuni le 22 janvier 1987

considérant l'excellence du mémoire de thèse soutenu le 12 septembre 1986

auprès de l'Université de Rennes I

et fondé sur des travaux de recherches effectués dans le domaine des Sciences physiques pour l'Ingénieur au Laboratoire des structures rayonnantes (UA 834) CNRS – Université de Rennes I

attribuent la présente distinction

à Monsieur DONVAL Serge

né le 9 septembre 1953

A Paris, le 9 juin 1987

Le Président du jury,
Directeur du département

Jean-Claude CHARPENTIER
Directeur Scientifique

Le Directeur Général du CNRS

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Prix de thèse CNRS, pour les travaux de Recherche que l'auteur à effectués au Laboratoire de Pr Dubost, à Rennes (Serge Donval est un pseudonyme).

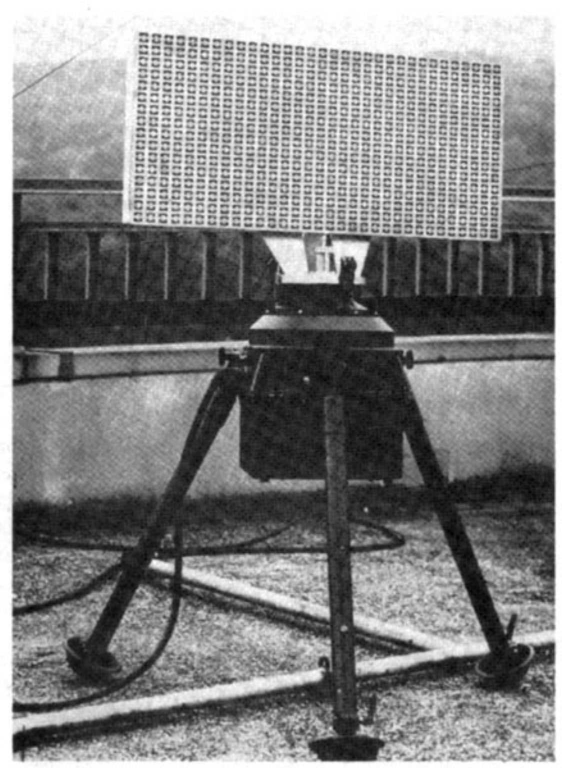


Fig. 1. Low sidelobe level flat radiating array.

Un dispositif de transmission (radar) que l'auteur a développé dans le cadre de sa thèse de Doctorat, pour le compte d'une filiale de la Société Thales (ex Thomson-CSF). Publié dans la revue IEEE, vol AP-34, février 1986.

ABRÉGÉ DE THÉORIE MUSICALE

Ce chapitre s'adresse aux lecteurs qui n'ont aucune connaissance en théorie musicale et leur explique très sommairement quelques rudiments qui, je l'espère, doivent suffire pour la compréhension de cet ouvrage. Pour plus de détails, nombreux sites Internet sont disponibles, voir par exemple "http://www.theoriedelamusique.com/musique/pageprincipale.html".

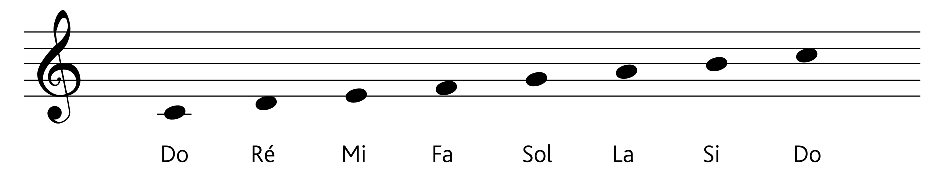
1. LA GAMME ET LES NOTES

Les notes de musique sont au nombre de 7 (d'où le nom d'Échelle Heptatonique) : Do, Ré, Mi, Fa, Sol, La, Si, c'est la gamme musicale. On les complète par une 8e note, l'octave, dont la fréquence est double de celle de Do. Elle s'appelle aussi Do, et permet de recommencer un nouveau cycle vers le haut, c'est-à-dire vers les fréquence aiguës.

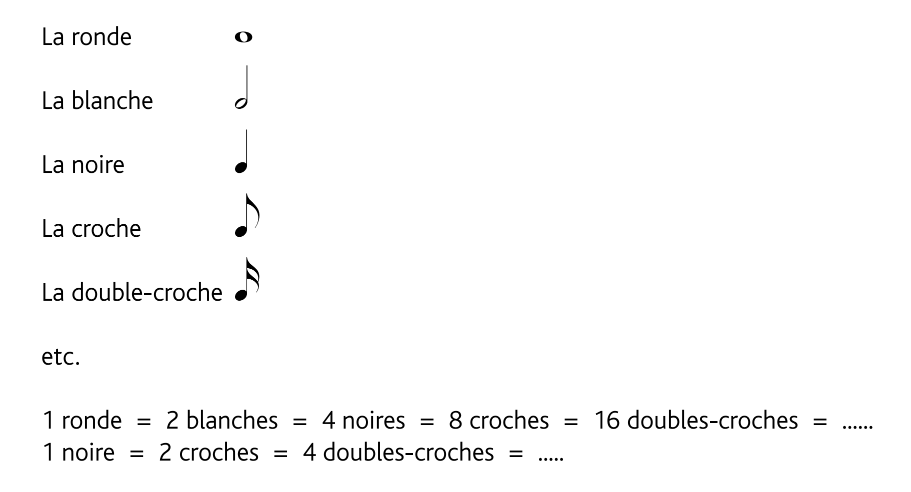
On les représente sur un ensemble de lignes horizontales, appelé Portée : 5 lignes et 6 interlignes, qu'on peut étendre en haut et en bas, et sont numérotées de bas en haut.

La portée est généralement désignée par le nom de clé (ou clef) de Sol puisque la 2e ligne Sol est indiquée par le point de départ du signe du même nom :

Ce signe est une déformation, en plusieurs étapes, de la lettre G qui indiquait la note Sol.



Si le nom d'une note indique sa place sur la portée et donc sa hauteur (ou sa fréquence), sa durée est indiquée par l'une des formes ou figures suivantes (bien que ça ne concerne pas l'objet de cet ouvrage) :



2. L'ÉCHELLE MUSICALE

La montée en fréquence des notes de la gamme n'est pas régulière : les degrés de l'échelle musicale ne sont pas tous égaux (on n'explique jamais la raison de cela dans les Conservatoires et Ecoles de Musique, voir chap. V) ; ils sont de 2 sortes, des tons et des demi-tons :

Do		Ré		Mi		Fa		Sol		La		Si		Do
	T		T		½		T		T		T		½	

C'est la gamme majeure, représentée par les 7 touches blanches successives d'un clavier de piano (chap. II), à condition de commencer par Do.

Les intervalles d'un ton entier peuvent être divisés en 2 demi-tons, ce qui fait un total de douze demi-tons, d'où l'appellation Echelle Duodécimale. Pour des raisons de simplicité on n'a pas inventé de nouveaux termes autres que les 7 déjà existants mais on s'est arrangé au moyen de 2 altérations. Le milieu de 2 notes X et Y est désigné soit par X# soit par Yb : le dièse ♯ élève la note d'un demi-ton et le bémol ♭ l'abaisse d'un demi-ton (les touches noires du clavier). En conséquence :

Do # = Réb, Sol# = Lab, etc.
mais aussi Mi# = Fa et Dob = Si , etc.

Le mode mineur : La disposition des notes est représentée par la gamme diatonique de La mineur :

La Si Do Ré Mi Fa Sol La
T 1/2 T T 1/2 T T

Il existe plusieurs types de mineurs, celui qu'on vient de définir est le mineur antique (le premier du point de vue historique). Pour des raisons liées à l'Harmonie (ce n'est pas l'objet de ce chapitre), on rehausse la 7e note par une altération # (dite accidentelle, ne figurant pas dans l'armure, voir plus loin), ce qui donne l'échelle suivante

La Si Do Ré Mi Fa Sol# La
T 1/2 T T 1/2 3/2 1/2

Sol# porte le nom de note sensible (elle est seulement à un demi-ton de l'octave).

On n'a mentionné que la hauteur relative des différentes notes : la fréquence de la tonique peut être prise comme référence et affectée d'une valeur "f". Les fréquences des autres notes sont alors exprimées en fonction de "f" : 3/2×f pour Sol, 4/3×f pour Fa, etc. En pratique le "ton" est indiqué par la hauteur du Diapason : La3 (2e interligne de la clé de Sol) doit avoir 440 Hertz, ce qui donne 261,6 Hz pour Do3.

3. INTERVALLES ET DEGRÉS

Les 8 degrés portent des noms et n'ont pas tous la même importance à l'intérieur de la gamme :

1er degré	2e degré	3e degré	4e degré	5e degré	6e degré	7e degré	8e degré
tonique	sus-tonique	médiante	sous-dominante	dominante	Sus-dominante	Sensible	Octave

Un intervalle est la distance qui sépare 2 notes ou 2 degrés. Si la référence est la tonique, les différents intervalles s'appellent

tonique ⇒ tonique : unisson
tonique ⇒ sus-tonique : seconde
tonique ⇒ médiante : tierce
tonique ⇒ sous-dominante : quarte
tonique ⇒ dominante : quinte
tonique ⇒ sus-dominante : sixte
tonique ⇒ sensible : septième
tonique ⇒ octave : octave

On remarque que l'étendue de l'unisson est nulle (au sens mathématique), càd ça vaut 0 (ton) et que celle de l'octave est de 6 tons. La quarte et la quinte ont, dans les 2 modes majeur et mineur, les mêmes longueurs : 2 tons et demi et 3 tons et demi, respectivement. C'est pour cela qu'on parle de quarte juste et de quinte juste, et ce n'est pas le cas pour les autres intervalles.

	Mineure	Majeure
Seconde	½	T
Tierce	T ½	2 T
Sixte	4 T	4 T ½

La gamme du piano est composée de 12 demi-tons égaux (chap. XI, à ne pas confondre avec tempérés chap. X), dont la hauteur est exactement le douzième de l'octave. Ce n'est pas une échelle linéaire ou additive, elle est multiplicative :

un demi-ton = racine douzième de 2 ($\sqrt[12]{2}$ ou $2^{1/12} \approx 1{,}0595$)
un ton = $2^{2/12} \approx 1{,}1225$

Dans le but de faciliter la compréhension et la présentation, on a élaboré une échelle linéaire pour exprimer l'étendue des intervalles : le cent. L'octave vaut 1200 cents, ce qui donne 100 pour un demi-ton et 200 pour un ton (gamme du clavier).

Renversement d'un intervalle

L'intervalle Do-Sol est une quinte juste (3/2), son renversement est Sol-Do et c'est une quarte juste. Sa taille **x** est telle que :

Do-Sol + Sol-Do = une octave, donc
$3/2 \times x = 2$, d'où
$x = 2 \div 3/2 = 4/3$

Le renversement d'une tierce majeure (5/4) est une sixte mineure (8/5),
car $5/4 \times 8/5 = 2$.

4. LES TONALITÉS

La musique occidentale compte 2 modes, le majeur et le mineur, qu'on vient de définir en prenant comme modèles la gamme de Do et la gamme de La.

On peut définir d'autres gammes majeures et mineures en prenant n'importe qu'elle note comme tonique (1er degré), il suffit alors de calquer les 2 modèles (dans les manuels de Théorie Musicale, on préfère appliquer une procédure ancienne basée sur le tétracorde).

Construisons une gamme majeure à partir de Sol :

Sol d'abord, après un ton c'est La, ensuite Si, etc. L'intervalle (Mi-Fa) entre 6e et 7e notes à l'instar de la gamme de Do doit avoir un ton, on est alors amené à affecter Fa d'un dièse : Mi-Fa#. Enfin, Fa#-Sol a bien une étendue d'un demi ton, et le compte est bon.

La construction, par la même procédure, d'une gamme mineure à partir de Ré nous amène à introduire la note Sib.

Ce sont 2 exemples simples qui montrent comment on fait appel aux touches noires du piano, tout en restant dans le cadre d'une échelle heptatonique. On parle alors de différentes tonalités (Sol majeur, Ré mineur, etc.), ce formalisme étant propre à la musique occidentale.

Les premières altérations qui sont apparues sont Fa# et Sib. Si on continue la même procédure, on va rencontrer 2 séries dans l'ordre suivant

les dièses : Fa, Do, So, Ré, La, etc.
les bémols : Si, Mi, La, Ré, Sol, etc.

Ces altérations, dont l'ensemble s'appelle l'armure, sont signalées au début d'un morceau, à côté de la clé.

Deux gammes, une majeure et une mineure, sont dites relatives si elles ont la même armure :

– Do majeur et La mineur sans aucune altération
– Sol majeur et Mi mineur avec un dièse, Fa
– Fa majeur et Ré mineur avec un bémol, Si

Les 1er, 4e et 5e degrés sont dits notes tonales, les 3e et 6e sont dits notes modales (je préfère ne pas me mêler à l'explication de ces deux termes, chap. XVIII).

Les tonalités voisines sont celles dont l'armure ne diffère, au maximum, que d'un seul signe : on les trouve sur le 1er, 4e et 5e degrés (et leurs relatives mineure ou majeure). Exemple :

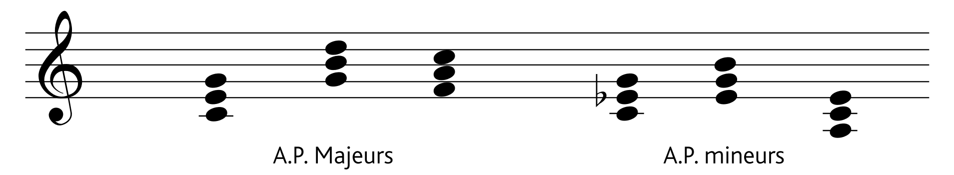
les tonalités voisines de Do majeur qui n'a aucune altération sont : La mineur (zéro altération), Fa majeur et Ré mineur (un bémol, Si), Sol majeur et Mi mineur (un dièse, Fa).

5. LES ACCORDS

Un accord est l'émission simultanée (parfois en arpège) de plusieurs notes supposées être en harmonie ou en consonance, càd agréables à l'oreille quand elles sont exécutées ensemble. On parle alors d'accord naturel. Il est présenté souvent comme la suite de plusieurs tierces majeures et mineures. Parfois ces tierces sont altérées, et l'accord devient artificiel.

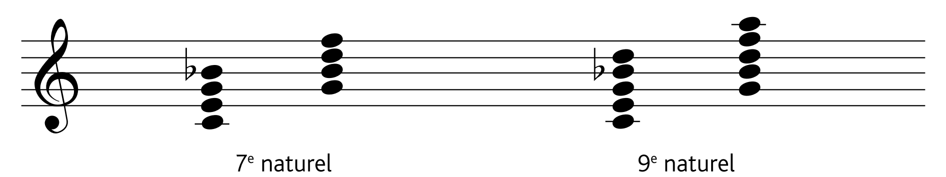
L'accord parfait majeur est constitué d'une quinte juste et d'une tierce majeure (ex : Do-Mi-Sol). C'est le seul qui est considéré comme un vrai accord parfait car formé des degrés les plus consonants.

L'accord parfait mineur est constitué d'une quinte juste et d'une tierce mineure (ex : Do-Mib-Sol).



A.P. Majeurs A.P. mineurs

Pour former l'accord de 7e naturel, on rajoute une tierce mineure à l'accord parfait majeur. L'accord de 9e naturel contient une tierce majeure en plus.



7e naturel 9e naturel

ANNEXES

I. J.-PH. RAMEAU

En plus d'être un grand musicien, J.-Ph. Rameau est aussi l'un des plus grands théoriciens de l'Histoire et auteur de très nombreux écrits* (livres, lettres,...). Et comme la Théorie, au sens large, englobe aussi la Consonance, le Corps Sonore, les Accords, la Basse Fondamentale, etc. il est devenu par la force des choses le fondateur de l'Harmonie moderne.

L'intérêt de J.-Ph. Rameau pour l'Harmonie lui a fait dire que c'est le fondement de la musique, c'est elle qui nous guide, et que la mélodie en dérive. C'est peut-être vrai chez les professionnels de l'Harmonie où la composition consiste, à partir d'une voix, à compléter l'ensemble des 4 voix selon des règles pré-établies. Mais d'un manière générale, il faut reconnaître que depuis la nuit des temps, c'est la mélodie qui est le fondement de toute œuvre musicale. J.-Ph. Rameau, pour formuler ce principe, s'est basé sur le fait que tout son est accompagné de plusieurs de ses harmoniques (chap. III) qui forment ainsi son accord naturel.

J.-Ph. Rameau s'est inspiré des travaux de l'acousticien J. Sauveur (***Principes d'acoustique et de musique***, 1701, [5]) et du mathématicien Descartes (***Compendium Musicae***, 1618, [21]) pour formuler sa théorie sur la résonance naturelle du Corps Sonore. Cette théorie est très délicate à manier dans la mesure où elle s'applique directement à la notion de Consonance (chap. VII) et d'Intonation Juste (chap. IX), à l'origine de la conception d'un grand nombre de Tempéraments (chap. VIII et les suivants). Sur le principe au moins, tout le monde est d'accord : quand un Corps Sonore quelconque (corde, flûte, etc.) émet un son, les harmoniques dont les fréquences sont des multiples entiers de celle du fondamental sont présents aussi,

[1] En voici quelques titres les plus cités (pour la liste complète, voir un des nombreux livres consacrés à Rameau, par exemple : "Rameau de A à Z", de P. Beaussant [1])
Traité de l'harmonie réduite à ses principes naturels,1922
Le Nouveau système de musique théorique, 1726
La Génération harmonique, 1737
La Démonstration du principe de l'harmonie, 1750

et l'ensemble donne une impression agréable. Il en a déduit alors que seuls les harmoniques sont les vraies consonances. Si la tonique est Do, on retrouve Sol, Mi naturel, etc., de fréquences respectivement triple et quintuple ; et ceci en exclut d'autres en particulier la quarte Fa (dont la consonance a toujours été contestée). Il n'avait pas tort; et deux siècles et demi plus tard personne n'est en mesure de le contredire (chap. VII).

J.-Ph. Rameau est l'initiateur de l'idée de renverser un intervalle. Comme il s'agit des intervalles formant les accords (parfaits, ex : Do-Mi-Sol), ils sont supposés consonants, et leurs renversements aussi (Mi-Sol-Do et Sol-Do-Mi). Pour se justifier [1], il a élaboré le concept de Basse Fondamentale : si le fondamental Do produit des harmoniques, une note Do (peut-être plus grave) est reproduite à son tour par le concours des harmoniques (voir détails chap. XIX, § 4). Cette idée a été fortement contestée par Rousseau : "Que M. Rameau prenne la peine de répondre à cette seule objection, mais qu'il y réponde clairement, et je lui donne gain de cause" (Examen de deux principes avancés par M. Rameau, 1755). À ma connaissance elle ne l'a jamais été depuis, elle a été exprès "gobée" par tous les compositeurs et harmonistes car elle arrange tout le monde et simplifie énormément les choses.

J.-Ph. Rameau était un fervent partisan du Tempérament Égal qui s'imposera un siècle environ après sa mort. À cause de ce Tempérament Égal dont la 7e mineure (Sib) est trop élevée par rapport à la 7e harmonique, il s'est toujours limité dans ses accords (au moins dans ses écrits) à la tierce et à la quinte.

L'intensité relative des harmoniques d'un son est faible (chap. III, § 1 et 3) et J.-Ph. Rameau ne pouvait pas le savoir ; il fallait attendre le XXe siècle pour l'évaluer à l'aide d'appareils de mesure électroniques. Il a quand même réalisé un exploit, resté inaperçu jusqu'à nos jours, en affirmant que "la dissonance prend son origine parmi les sons harmoniques" [6], idée qu'on attribue d'ailleurs à Helmholtz qu'il a exploitée dans son célèbre traité [8].

[1] J'ai l'impression que J.-Ph. Rameau était bien conscient qu'il lui manquait une formation scientifique suffisante puisqu'il envoyait des lettres à Bernoulli et à Euler, peut-être pour voir leur réaction.

II. LE DIAPASON

Le Diapason est une fréquence qui sert de référence aux musiciens pour accorder leurs instruments. Avant le début d'un concert, vous avez déjà remarqué les musiciens jouer la même note "La" : c'est le Chef d'orchestre qui fait signe au premier violon ou à un instrument non accordable, à vent en général, pour faire entendre son La3 (2e interligne de la clé de Sol), "il donne le ton" et les autres de s'accorder sur lui. La fréquence de La3 est fixée à 440 Hertz.

Le Diapason désigne aussi n'importe quel appareil qui produit un son de hauteur déterminée et servant comme repère. Le plus courant a la forme d'un U allongée ou d'une fourche (photo chap. II) qu'on fait vibrer à la suite d'un choc. Il émet alors un son de 440 Hertz qu'on peut "amplifier" en posant son support sur une caisse de résonance (ou un objet solide quelconque).

C'est au XVIIIe siècle que les facteurs d'orgues ont adopté le La3 comme référence. Mais sa hauteur a varié au cours de l'Histoire et selon les pays. La Conférence Internationale de Vienne ainsi qu'un décret du 16 février 1895 ont fixé la fréquence du La3 à 435 Hz. A partir de 1900 environ, la valeur s'est stabilisée autour de 440 Hz (cela fait une vingtaine de cents de plus), valeur entérinée par l'Organisation Internationale de Normalisation qui l'a fixée définitivement en 1955 à 440 Hz, peut-être pour stopper sa montée. La valeur de 430 (plus exactement 430,5) plaît aux physiciens car ça donne pour Do des puissances de 2 :

Do1 = 64,   Do2 = 128,   Do3 = 256 et   Do4 = 512 Hz

III. LA PUISSANCE SONORE ET LES DÉCIBELS

Une vibration sonore est une variation de pression exprimée par l'amplitude "a" (chap. II, § 2) :

$$a = A \sin(f \times t)$$

"A" indique le maximum de variation de pression et le niveau sonore est fonction de "A". Un son trop faible peut ne pas être perçu, par contre un son trop fort peut causer des douleurs au tympan.

Le niveau sonore peut être exprimé par l'intermédiaire de la puissance (sonore) en watts, elle-même directement liée à l'amplitude "A". Le champ d'audibilité de l'oreille délimite cette zone en fonction de la fréquence et la valeur des 2 seuils (perception et douleur) varie avec la fréquence.

La variation rapide de la puissance sonore entre les 2 seuils (de 10^{-17} à 10^{-4} Watt) a fait que les physiciens ont eu recours, une fois encore, à la fonction logarithme pour "amortir" les variations. On se sert alors du Bel, ou déciBel, qui représente l'écart de la puissance P par rapport à une origine P_0 prise comme référence. Par convention, on prend pour P_0 la valeur du seuil de perception à une fréquence centrale de 1000 Hz, soit $P_0 = 10^{-16}$ Watt.

Le niveau sonore N en décibels est alors défini par

$$N = 10 \times \log_{10} [P(\text{Watts}) / 10^{-16}]$$

Comme le seuil de douleur est d'environ 10^{-4} W,

$$N = 10 \times \log_{10} [10^{-4} / 10^{-16}] = 10 \times \log (10^{12}) = 10 \times 12 = 120 \text{ décibels}$$

à la fréquence centrale de 1000 Hz.

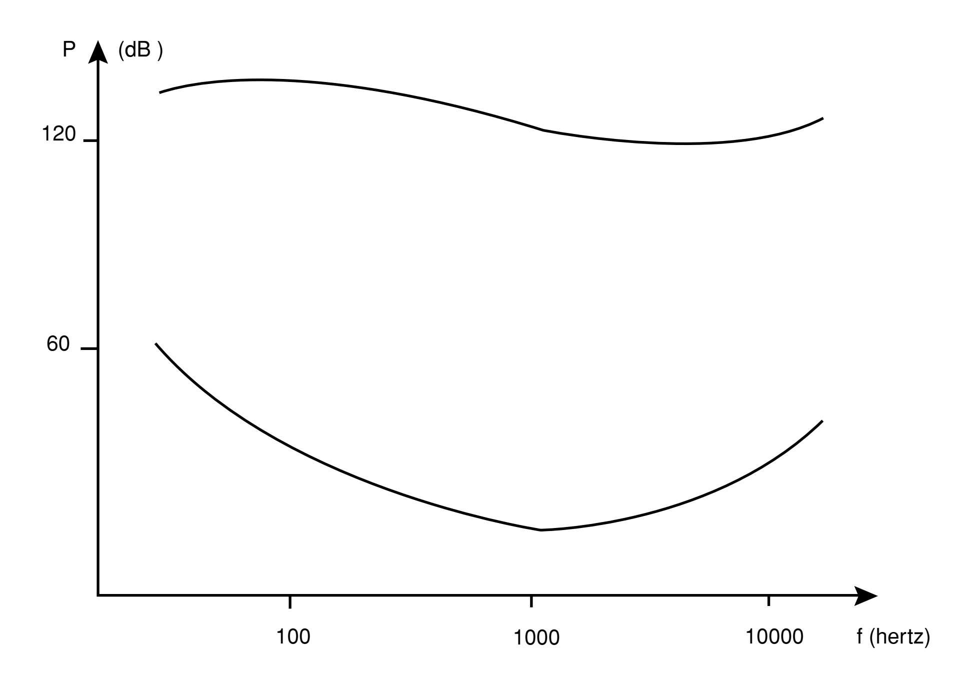


Diagramme de Fletcher montrant le Seuil de Perception et le Seuil de Douleur

IV. LES BATTEMENTS, CAUSE ET EFFETS

Le phénomène des Battements est connu des musiciens et des théoriciens depuis fort longtemps. C'est cette impression qu'on a lorsque 2 sons très voisins (de fréquences très proches, c'est-à-dire d'une part f et d'autre part f' comprise entre f et 1,1×f) sont émis simultanément. Le son résultant n'est pas désagréable, mais son amplitude (ou magnitude) présente des hauts et des bas. On se sert d'ailleurs de ce phénomène pour accorder 2 sons entre eux, on rapproche l'un vers l'autre jusqu'à disparition des battements. L'explication est simple, mais requiert quelques rudiments de physique et de mathématiques.

Pour obtenir la courbe d'amplitude du son résultant, il faut additionner les 2 sons de fréquences f et f'=1,1×f, on suppose pour simplifier que leurs amplitudes sont égales :

$$\sin(f) + \sin(f') = 2 \times [\sin(f'+f)/2] \times [\cos(f'-f)/2] = 2 \times [\sin 1{,}05\times f] \times [\cos 0{,}05\times f]$$

On reconnaît alors l'expression d'une onde principale (1,05×f) modulée par une basse fréquence (0,05×f), comme en Electronique des transmissions. C'est ce que représentent les courbes suivantes, où les 2 fréquences sont séparées respectivement par ¾ de ton, ½ ton et ¼ de ton.

On a toujours une sensation de repos et de satisfaction lorsqu'on vient d'accorder 2 sons ou 2 instruments. On observe une sensation semblable lorsqu'on passe de l'accord de 7e de dominante à l'accord parfait de la tonique : Sol-Si-Ré-Fa vers Do-Mi-Sol. C'est le mouvement d'un demi-ton de Si vers Do et de Fa vers Mi qui provoque cette sensation. L'effet d'un mouvement par ton est plutôt agréable et y contribue, à moindre degré. Quant au passage de la quinte à la tonique, sa justification est moins évidente.

La présence ou l'absence de cet effet (psycho-)acoustique de détente sont à l'origine de la notion de Consonance (chap. VII) et tous les théoriciens admettent sa relation avec les Battements, quoique d'autres causes entrent en ligne de compte et le problème est assez complexe.

On peut aussi étudier la combinaison d'une fréquence f et d'autres fréquences f_2', f_3', f_4', ... voisines des harmoniques de f. On constate aisément que les courbes sonores résultantes (chap. VII, § 8) deviennent de plus en plus régulières lorsque ces fréquences f_2', f_3', f_4', ... s'approchent des harmoniques de f.

Taux de battements :

C'est un chiffre qui indique le degré d'éloignement d'une fréquence quelconque f de la note "juste" la plus proche. S'il s'agit d'une note de la Gamme Juste (Sol: $f/f_0=3/2$ ou Mi: $f/f_0=5/4$), il est évident que le chiffre doit être égal à zéro. Si ce n'est pas le cas, càd si f/f_0=une certaine valeur x, par exemple x=1,2599 (tierce majeure du piano), on la compare au rapport consonant le plus proche 5/4 .

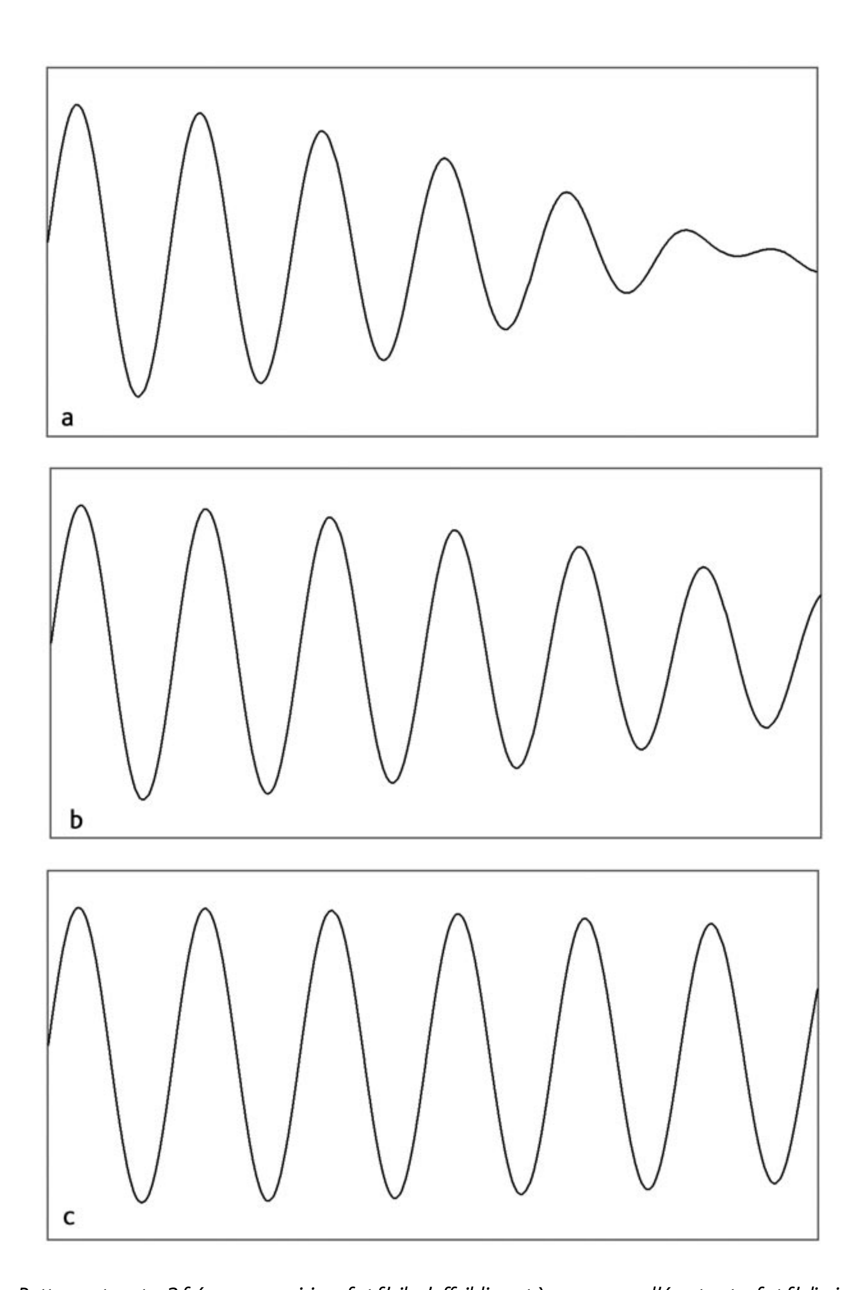
Puisque $f/f_0 \neq 5/4$, exprimons (produit en croix) $4f/f_0 - 5 = 0{,}0396 \approx 4$ %.

Par comparaison, celui de la septième mineure (Tableau) est de 12,7 % : c'est pour réduire ce taux que les théoriciens ont conçu des échelles à plus de 12 tons (chap. XII).

Taux de Battement des différents degrés du Clavier Standard

Intervalle du Clavier	Rapport consonant	Taux de Battement
Tierce mineure 1,1892	6/5	$5f/f_0 - 6$ = -5,4 %
Tierce majeure 1,2599	5/4	$4f/f_0 - 5$ = 4 %
Quarte juste 1,3348	4/3	$3f/f_0 - 4$ = 0,44 %
Quinte juste 1,4983	3/2	$2f/f_0 - 3$ = -0,34 %
Sixte mineure 1,5874	8/5	$5f/f_0 - 8$ = -6,3 %
Sixte majeure 1,6818	5/3	$3f/f_0 - 5$ = 4,5 %
Septième mineure 1,7818	7/4	$4f/f_0 - 7$ = 12,7 %

Taux de Battements



Battements entre 2 fréquences voisines f et f', ils s'affaiblissent à mesure que l'écart entre f et f' diminue :
a) ¾ de ton b) ½ ton c) ¼ de ton

V. CENTS ET LOGARITHMES

Pour exprimer la distance des notes par une graduation linéaire, donc additive et facile à saisir (voir par exemple la dernière ligne des 2 Tableaux chap. XI, § 3), les théoriciens ont eu recours à la fonction logarithme (log). On peut employer cette fonction sans se poser trop de questions sur la manière dont on la calcule, elle est fournie par presque toutes les calculettes de poche, mais il faut toujours garder à l'esprit la formule suivante :

$$\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$$

L'échelle des fréquences est une graduation multiplicative : on passe de Do à Ré (un ton 1,1225) et de Ré à Sol (une quarte 1,3348) (chap. XI, § 3), ou de Do à Mi (tierce majeure 1,2599) et de Mi à Sol (tierce mineure 1,1893), en multipliant à chaque fois les 2 rapports. Le résultat dans les 2 cas est 1,4983.

Le logarithme n'est pas une fonction unique, c'est un ensemble de fonctions dont les courbes et les propriétés se ressemblent mais les valeurs diffèrent. Ces fonctions logarithmes sont liées par une relation de la forme :

$$\log_n(x) = \log_n(m) \times \log_m(x)$$

Par exemple :

$$\log_2(x) = \log_2(10) \times \log_{10}(x) = \log_{10}(x) \div \log_{10}(2) = \log_{10}(x) \div 0{,}30103$$

On donne ces formules car c'est la fonction $\log_{10}(x)$ qui est la plus courante et qui est donnée par toutes les calculettes bas de gamme. Pour ce qui est de la définition des intervalles, l'objectif est de linéariser une graduation multiplicative, et a priori on peut prendre n'importe quel type de fonction logarithme. Savart a pris le logarithme de base 10 : $\log_{10}$ (chap. I, § 2), le facteur 1000 servant uniquement à éviter des chiffres trop petits. Ellis a pris $\log_2$ (chap. IV, § 4) car il s'était fixé un objectif : une octave à 1200 cents, la seule expression qui se conforme à cette contrainte est alors:

$$\begin{aligned} I &= 1200 \times \log_2(f_2/f_1) \\ &= 1200 \times [\log_{10}(f_2/f_1)/\log_{10}2] \\ &= 1200 \times \log_{10}(f_2/f_1) / 0{,}30103 \end{aligned}$$

VI. LA MOYENNE HARMONIQUE

Les notions de rapport, moyenne, proportion ou division harmoniques sont définies dans les livres de mathématiques, mais l'origine de cette définition est bien musicale. On a essayé d'élaborer une "couverture" ou "façade" mathématique pour justifier l'idée qui veut que les consonances soient de la forme (n+1)/n, c'est le cas de la quarte 4/3 et de la tierce mineure 6/5 (chap. IV, § 5 et chap. VII, § 2, 3 et 4).

En mathématique (voir par exemple le Dictionnaire Quillet en 8 volumes de 1969) : trois nombres x, r, y ($x<r<y$) sont en proportion harmonique lorsque le rapport de deux d'entre eux est égal au rapport des différences de chacun d'eux avec le troisième :

$$x / y = (x-r) / (r-y)$$

On a alors (produit en croix) $x(r-y) = y(x-r)$, ensuite en arrangeant les 2 membres de cette équation :

$$xr + yr = xy + xy \quad \text{et enfin}$$
$$r = 2xy / (x+y)$$

Si la quinte 3/2 et la tierce majeure 5/4 dérivent de vrais harmoniques (d'ordres 3 et 5), par cette définition on a essayé de justifier l' "harmonicité" donc la Consonance (chap. VII) de la tierce mineure et surtout de la quarte. Les autres nombres de la forme (n+1)/n tels que 7/6, 8/7 et même 9/8 (harmonique d'ordre 9) ne peuvent pas être justifiés par cette méthode : essayez de trouver 2 nombres rationnels x et y tels que 9/8 soit leur moyenne harmonique.

VII. LES GENRES D'EULER

À la fin du XVIIe siècle, le Tempérament Mésotonique s'était définitivement imposé. Ensuite, tout au long du XVIIIe siècle, les recherches des théoriciens s'étaient focalisées sur les Tempéraments Irréguliers, tous à 12 degrés et dérivés du Mésotonique, pour des raisons qu'on a déjà expliquées au chap. X. La 7e harmonique (7/4, inférieure à la 7e mineure d'environ 30 cents) a continué à préoccuper une partie des théoriciens qui étaient de formation scientifique; ils voulaient l'inclure dans l'échelle musicale. Au début du XVIIIe siècle, les physiciens Huygens et Sauveur ont été amenés à élaborer des échelles à 43 et 31 tons (chap. XII) qui ont eu un regain d'intérêt au XXe siècle. Le mathématicien Euler, lui, n'a pas osé mettre en cause la structure duodécimale

et a appliqué des formules se basant sur les rapports simples pour créer ses “genres” musicaux. Euler a eu l’idée d’inclure le nombre premier suivant 7 (chap. VI, § 5). Il a imaginé l’échelle musicale comme composée de 12 notes dont les rapports avec la tonique sont de la forme $3^n5^p7^q$, le nombre 2 sera forcément de la partie lorsqu’il faudra diviser ces nombres une ou plusieurs fois par 2 [1]. Mais contrairement à Zarlino, il n’a pas exploité l’idée (bien que controversée, chap. VII) de rapports simples où les nombres premiers 2, 3, 5 ou même 7 figurent à la fois au numérateur et au dénominateur, ce qui l’a privé de plusieurs intervalles jugés plutôt consonants par ses contemporains.

Euler a complètement négligé l’aspect musical, et sa méthode est un simple artifice arithmétique pour inclure la 7e harmonique. Pour nous, évoquer ici ses genres est tout simplement un moyen de rappeler au lecteur que le Système Duodécimal est loin d’être parfait, et que les tentatives pour s’en libérer durent depuis trois siècles.

VIII. L’IMBORGLIO DES HARMONIQUES

Sur la définition des harmoniques, tout le monde est a priori d’accord : si un son fondamental a une fréquence f, ce sont les fréquences multiples de f : 2×f, 3×f, 4×f, 5×f, etc. Pour les ramener à l’intérieur de l’octave, il faut les diviser plusieurs fois par 2 jusqu’à obtenir une valeur entre f et 2×f. On a alors, outre la tonique et l’octave, la quinte juste 3/2×f, la tierce naturelle 5/4×f, la sixte harmonique 7/4×f, la seconde majeure 9/8×f, la onzième harmonique 11/4×f (note désignée dans cet ouvrage par X et se trouvant à mi-hauteur entre Fa et Fa#), etc. Ce sont donc les rapports qui ont au dénominateur des puissances de 2 (2, 4, 8, 16, etc.). On trouve cette série (Do, Mi, Sol, Sib, Ré, etc.) dans tous les livres de Théorie Musicale couvrant en gros les 4 octaves des clés de Fa et de Sol (chap. III). La quarte 4/3 et la tierce mineure 6/5 n’ont jamais fait partie de la série harmonique, et la confusion commence lorsque des théoriciens ou même des physiciens, par manque de rigueur, déclarent le contraire.

De Candé, dans son ***Dictionnaire de Musique***, [41, p. 123] mentionne la quarte 4/3, la tierce mineure 6/5, et de nombreux autres intervalles qui n’ont rien à voir avec les harmoniques.

Schaeffer lui aussi dans son ***Traité des objets musicaux*** [69], pp. 618-619, expose le Tableau des harmoniques (chap. III) en employant des rapports qui ne répondent pas à la définition.

[1] La vraie forme devrait être alors $2^m3^n5^p7^q$.

Des théoriciens [97] vont plus loin et affirment que "tous les intervalles de l'Intonation Juste peuvent être trouvés quelque part dans la série des harmoniques", c'est faux.

C'est encore plus grave quand ça vient de revues comme *la Recherche* [scientifique], où Assayag et Cholleton dans un article [98] sur la Musique et les Nombres déclarent : "selon des proportions directement dérivées de la série harmonique : 1, 9/8, 5/4, 4/3, 3/2, 5/3, etc." !

Le comble est atteint par Mathews, Pierce, Reeves et Roberts dans leur article [96] du *Journal of the Acoustical Society of America* (ou JASA, pour les intimes), où ils font plein d'éloges sur l'Échelle de Bohlen-Pierce construite sur une tritave (rapport de 1 à 3) et non sur une octave (rapport de 1 à 2). L'article est bourré de mots tels que "harmonique" et ses dérivés, alors que les degrés considérés comme les plus consonants de cette échelle ont les rapports suivants : 9/7, 7/5, 5/3, 9/5 et 7/3, et n'ont rien d'harmonique. Au passage, on remarque dans le même tableau que leur quinte 1,52583 est plus élevée que la quinte juste 1,5 de 30 cents (et non pas 29 cents, comme le signale le dit tableau).

Enfin, L. Fichet qui a rédigé un excellent livre sur *les théories scientifiques de la musique* [30] n'a pas pu éviter la confusion, et de déclarer "la série harmonique n'est donc pas nécessairement inscrite dans le spectre naturel des instruments", p. 101, et "le piano lui-même n'a pas un spectre tout à fait harmonique", p. 319. En ce qui me concerne, je soutiens sans ambiguïté qu'une corde (simple) donne un spectre harmonique composé d'une fréquence et de ses multiples [1]. Ceci dit, on peut toujours bricoler la corde par exemple en l'enrobant dans une gaine métallique pour modifier sa sonorité.

IX. LA GAMME INDIENNE

Les indiens se sont toujours basés sur l'Intonation Juste et les rapports de Consonance, ce qui les a amenés à une échelle à 22 unités ou shroutis. Une conception, peut-être trop simpliste, pour expliquer cet acheminement est la décomposition de l'octave en tons majeurs (9/8 ou 204 cents), tons mineurs (10/9 ou 182 cents) et demi-tons (16/15 ou 112 cents). Ces trois intervalles sont évalués, respectivement, à 4, 3 et 2 unités d'environ 55 cents (*http://www.lpl.univ-aix.fr/lpl/presentation/publications/docs/bel/raga.pdf*) :

[1] On peut y rajouter, si on veut approfondir, toute combinaison (addition et/ou soustraction) de ces harmoniques, mais leur amplitude est généralement très faible.

Ni	Sa	Ri	Ga	Ma	Pa	Da	Ni
1	9/8 = 1,125	5/4 = 1,25	4/3 ≈ 1,3333	3/2 = 1,5	5/3 ≈ 1,6667	15/8= 1,875	2

Cela donne comme intervalles entre degrés successifs :

Ni-Sa	Sa-Ri	Ri-Ga	Ga-Ma	Ma-Pa	Pa-Da	Da-Ni
9/8 =1,125	10/9=1,111	16/15=1,067	9/8 = 1,125	10/9 =1,111	9/8 = 1,125	16/15=1,067
4 s	3 s	2 s	4 s	3 s	4 s	2 s

La gamme indienne n'utilise jamais 22 degrés mais, fait unique dans le monde, elle prend 5, 6, 7 ou 8 degrés pour former ses tonalités ou ragas (chap. XVIII, § 6).

X. LA THÉORIE GRECQUE

Les modes dits anciens sont ceux décrits dans le chapitre XVIII, § 3. Ils sont au nombre de 7 et étaient utilisés au Moyen-Age. On peut les obtenir à partir de 7 touches blanches successives du clavier, en prenant n'importe laquelle comme tonique, ils sont donc tous formés de 5 tons et 2 demi-tons.

Les modes grecs dérivent de la théorie du tétracorde développée par le savant et musicien Aristoxène de Tarente (IVe siècle avant J.-C.), disciple d'Aristote. La lyre, petit instrument à simple ou double tétracorde, est le support de cette théorie. Les 2 cordes extrêmes forment un intervalle de quarte et sont d'accordage fixe, les 2 intermédiaires sont mobiles (variables), et un ton sépare les 2 tétracordes. On peut donc tracer un premier schéma :

Do * * Fa Sol * * Do

Les documents actuels qui s'appuient sur des écrits du Moyen Âge donnent le schéma suivant qui respecte certes les intervalles, mais la tonique est Mi et les différents degrés ont chacun un nom et sont placés dans un ordre descendant :

Mi *nete* fixe
/
/ * *paranete* mobile
4/3
\ * *trite* mobile
\
\ Si *paramese* fixe
/
9/8
\
La *mese* fixe
/
/ * *lichanos* mobile
4/3
\ * *parhypate* mobile
\
\ Mi *hypate* fixe

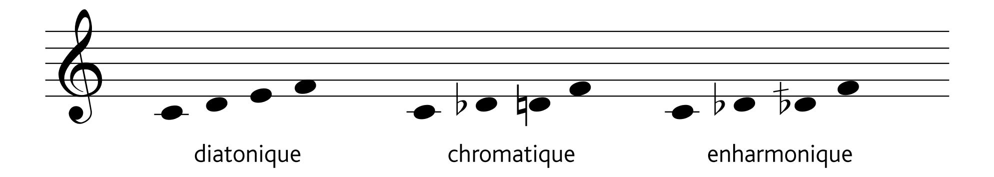
L'édifice de la théorie grecque n'était pas l'octave mais le premier tétracorde car c'est lui qui déterminait le genre (genus, pluriel : genera). La quinte et l'octave étant justes, la hauteur des 6e et 7e degrés avait moins d'importance.

L'accordage des cordes intermédiaires était variable, et ne suivait pas forcément une échelle à 12 demi-tons, et chaque théoricien proposait son modèle (ou genre), en voici quelques uns qui s'apparentent au diatonique (majeur) :

modèle d'Arachytas	9/8	8/7	28/27
modèle Syntonique	10/9	9/8	16/15
modèle d'Eratosthène	9/8	9/8	256/243
modèle de Didyme	9/8	10/9	16/15

Parmi les nombreux genera, seuls trois sont encore évoqués par les théoriciens et les musicologues, peut-être par un souci d'homogénéisation avec la notation et l'échelle duodécimale, chacun ayant un "éthos" (sensation ou expression, voir chap. XVIII, § 5) particulier :

Diatonique : Do – Ré – Mi – Fa
Chromatique : Do – Réb – Ré – Fa
Enharmonique : Do – Réb – Réb – Fa



L'altération ƀ abaisse la note d'un quart de ton. Ce quart de ton qui n'a jamais complètement disparu d'Europe, on le retrouvera chez Gesualdo à la Renaissance.

XI. QU'EST-CE QU'UNE ETHNO-MUSIQUE ?

Les européens désignent par ce terme les musiques pratiquées par des ethnies de certaines régions reculées d'Afrique, d'Asie ou d'ailleurs, et d'une manière générale toutes les musiques étrangères à l'Europe. Ces musiques (et leur théorie, quand il y en a une) en apparence ne ressemblent pas à celle pratiquée en Europe, et sont considérées d'un sentiment d'infériorité à peine voilé.

Dans le même ordre d'idée, les romains de l'Antiquité qualifiaient tous les peuples du monde (autres que les grecs et les perses) de barbares, bien que d'autres civilisations avaient déjà brillé avant eux. Les arabes, fiers de leur langue et de leur poésie, estimaient que tous les autres peuples n'avaient pas d'éloquence et les qualifiaient d'"ajams" (d'où le terme espagnol *ajamido* ou *aljamido*). Pour les chrétiens qui ne portent pas dans leur cœur le culte des anciens grecs (et de tous les autres païens), ils le traitent de mythologie. C'est un sentiment tout ce qui y a d'humain et de naturel, on pense toujours qu'on a raison et qu'on est le meilleur.

Il est vrai que les européens ont beaucoup influencé le reste du monde (code civil, écriture, architecture, habillement, sport, art de la table, etc.) et "ils veulent imposer l'universalité de leur musique" [62, p. 144] (comme la religion, qu'ils ont le plus souvent imposée par la force).

La musique arabo-orientale, comme l'européenne, est basée sur le **Système Universel** (chap. VI), originaire de Mésopotamie, mais les deux ont pris des chemins légèrement différents.

Au Moyen-Orient, à partir du IXe siècle, on a développé la pratique (et la théorie aussi) dans un sens qui enrichit la tonalité (donc la monodie), avec l'introduction de nouveaux intervalles (chap. XVII). En Europe, au XVIe siècle, à cause de la Polyphonie, les théoriciens ont supprimé tous les anciens modes et n'ont gardé que le majeur (chap. IX), le mineur réapparaîtra plus tard (début XVIIe siècle). Cette restriction dans

la modalité a favorisé le développement de l'Harmonie au XVIIe siècle (Principe de Compensation [58, p. 68]). De là, à mettre la musique arabo-orientale dans le même sac que celles de peuples reculés de la brousse africaine ou de la jungle asiatique, il y a quand même un grand pas. Cette musique est pratiquée dans des contrées qui s'étendent de l'Atlantique jusqu'en Chine (chez les ouïgours du Xinjiang [79, ch. V]), en Turquie et dans les Balkans, et dans les républiques d'Asie Centrale (Sud de l'ex-URSS). Ses modalités sont employées par les peuples musulmans en Inde et dans le sud-est asiatique, à travers la psalmodie du Coran, qui ressemble plus à du chant qu'à une simple déclamation. En fin de compte, ça fait beaucoup de peuples de cultures, langues et couleurs différentes. Est-ce qu'on est en droit de parler d'ethno-musique ? (voir la rubrique ***http://ethnomusicologie.free.fr/historique.html*** dans le site de la Société Française d'Ethnomusicologie).

BIBLIOGRAPHIE

[1] Beaussant P. : *Rameau de A à Z*, Fayard/IMDA, 1983.

[2] Euclide : "Division du canon" ou "Division du monocorde", voir *An annotated translation of Euclid's division of a monochord*, par Mathiesen T. J., *Journal of Music Theory*, vol 19, 1975.

[3] Chottin Alexis : *Tableau de la musique marocaine*, Librairie Orientaliste Paul Geuthner, 1940, 1999.

[4] d'Erlanger, Baron R. : *La musique arabe*, 6 volumes, de 1930 à 1959, Ré-édition en 2001, Librairie Orientaliste Paul Geuthner, Paris.

5) Sauveur J. : *Principes d'acoustique et de musique*, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Paris, 1701.

[6] Rameau J.-Ph. : *La génération harmonique*, Prault, Paris, 1737.

[7] Savart F. : *Mémoire sur la construction des instruments à cordes*, Paris, 1819.

[8] Helmholtz H. von : *Théorie physiologique de la musique, fondée sur l'étude des sensations auditives*, 1863, traduction de G. Guéroult, Masson, Paris, 1868-1874, Éditions Jacques Gabay, 92 Sceaux, 1990.

[9] Zarlino G. : *Institutioni harmoniche*, Venise, 1558.

[10] Aaron, Pietro: *Thoscanello de la musica*, 1523, 1529, 1539, 1562, Venise. Traduction anglaise : *Toscanello in musica*, par Peter Bergquist, *Colorado College Music Press*, Colorado Springs, 1970.

[11] Chailley J. et Challan H. : *Théorie complète de la musique*, 2 volumes, A. Leduc, Paris.

[12] Danhauser A. : *Théorie de la musique*, H. Lemoine, Paris.

[13] Leipp E : *Acoustique et Musique*, Masson, 1975, 4e édition, 1984.

[14] Sethares W. A. : *Local consonance and the relationship between timbre and scale*, Journal of the Acoustical Society of America, 94, sept 93, pp. 1218-1228.

[15] Daniélou A. : *Traité de musicologie comparée*, Hermann, Paris, 1959 (chapitres III et IV).

[16] Ulrich Michels : *Guide illustré de la musique*, traduit de l'allemand, Fayard, 1988, p. 166.

[17] Hindemith P. : *Unterweisung in tonatz*, Schott, Mayence, 1937-1940.

[18] Cordier S. : *Piano bien-tempéré....*, Buchet-Chastel, 1987.

[19] Vicentino N. : *Antica musica ridotta alla moderna prattica* (Musique antique restaurée à la pratique moderne), Rome, 1555. Édition facs. par E. Lowinsky, *Documenta Musicologica*, Bärenreiter, Kassel, 1959. Traduction anglaise : *Ancient music adapted to modern practice* par Maria Rika Maniates et Claude V. Palisca, Yale University Press, New Haven CT, 1996. H.W. Kaufmann : *Vicentino's Arciorgano: An Annotated Translation*, *Journal of Music Theory*, 5:32-53, 1961.

[20] D'Alembert : *Éléments de musique théorique et pratique suivant les principes de Mr. Rameau*, Paris, 1752 et 1762. Éditions d'Aujourd'hui, *les Introuvables*, Plan-de-la-Tour, 1984.

[21] Descartes : *Compendium musicae* ou *Abrégé de Musique*, 1618, trad. Buzon F., PUF, 1987, Paris.

[22] Mersenne M. : *Harmonie universelle*, volume 2, livre I, *Consonances*, 1636.

[23] Bailhache P. : *Leibniz et la théorie de la musique*, Klincksieck, Paris, 1992, p. 146.

[24] Euler L. : *Tentamen novae theoriae musicae* ou *Essai d'une nouvelle théorie de la musique*, 1739, traduction française en 1839.

[25] Huygens C. : *Novus cyclus harmonicus*, 1724, Rotterdam, édité par R. Rasch, *the Diapason Press*, Utrecht, N.L., 1986.

[26] Alves B. : *The just intonation system of Nicola Vicentino* dans *Journal of the Just Intonation Network*, vol. 5, n° 2, printemps 1989, pp. 8-13.

[27] Bailhache P. : *Tempéraments musicaux et mathématiques*, dans *Sciences et techniques en perspective*, n° 16, Université de Nantes, 1989, pp. 83-114.

[28] Coeurdevey A. : *Histoire du langage musical occidental*, PUF, 1998.

[29] Rousseau J.-J. : *Dissertation sur la musique moderne*, 1743.

[30] Fichet L. : *Les théories scientifiques de la musique au XIXe et XXe siècles*, Librairie J. Vrin, Paris, 1996.

[31] Plomp R. et Levelt W.J.M. : *Tonal consonance and critical bandwidth*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 38, 1965, pp. 548-560.

[32] Pierce J. R. : *Le son musical*, Belin, Paris, 1984.

[33] Barbour J. M. : *Temperament and tuning*, *Michigan State College Press*, 1951, Da Capo Press, New-York, 1972.

[34] Ramis (ou Ramos) de Pareia, B. : *Musica practica*, 1482, traduit en anglais par Miller C.A., Verlag, Neuhausen-Stuttgart, 1993.

[35] Forster, Chris : *Western tuning theory and practice*, manuscrit de 1322 pages non encore publié. Des extraits sont disponibles sur le site *http://www.chrysalis-foundation.org/musical_mathematics.htm*

[36] Chailley J. : *Précis de musicologie*, PUF, 1958 et 1984, p. 105.

[37] Walker J. : *Intonational injustice: a defence of just intonation in the performance of Renaissance Polyphony*, Music Theory Online, vol. 2 no. 6, Septembre 1996.

[38] Werckmeister A : *Musikalische Temperatur*, Leipzig, 1691, édité par R. Rasch, *The Diapason Press*, Utrecht, 1983.

[39] Jorgensen O. H. : *Tuning,....*, 768 p., *Michigan State University Press*, East Lansing, Michigan, U.S.A., 1991.

[40] Massin : *Histoire de la musique occidentale*, Fayard, 1985, 1315 pages.

[41] De Candé : *Dictionnaire de musique*, Microcosme/Seuil, 1961 (et p. 239 pour l'édition 1997).

[42] Delume et Merlet : *La musique du XXe siècle*, Éditions Fuzeau, 79 Courlay, 2001.

[43] Lachmann et El-Hefni : *Uber die Komposition der Melodien*, traduction en allemand de *Risala fi khubr ta'lif al-alhane* d'Al-Kindi, Leipzig, 1931.

[44] Stevin S. : *Vande spiegheling der singconst*, 1605 et 1608, édité par Bierens de Haan, Amsterdam, 1884.

[45] Holder W. : *Treatise on the natural grounds and principles of harmonie*, Londres, 1694.

[46] Raouf Yekta : *La Musique turque*, dans *Encyclopédie de la musique*, Delagrave, Paris, 1922.

[47] Bosanquet R. H. M. : *An Elementary Treatise on Musical Intervals and Temperament,...*, MacMillan & Co., Londres, 1876. 2e édition par Rudolf Rasch, *Tuning and temperament library*, vol. 4, Diapason Press, Utrecht, 1987, 179 pages.

[48] Salinas F. : *De musica libri septem*, Salamanque, 1577, édition fac., Kassel, 1958.

[49] Yasser J. : *A theory of evolving tonality*, 1932, réédité par Da Capo Press, New York, 1975.

[50] Farmer H.G. : *Historical facts of the arabian musical influence*, Georg Olms Verlag, Hildesheim, New-York, 1970 (Développé et augmenté d'après une première édition de 1930).

[51] Fokker A. : *Neue Musik mit 31-Tönen* (*Nouvelle Musique à 31 tons*), Verlag der Gesellschaft zur Förderung der systematischen Musikwissenschaft, Düsseldorf, 1966. Traduction anglaise: *New music with 31 notes* par Leigh Gerdine, Orpheus - *Series of Monographs on Basic Questions in Music*, vol. 5, Verlag für Systematische Musikwissenschaft, Bonn, 1975.

[52] Keislar Douglas : *History and principles of micro-tonal keyboards*, Computer Music Journal, vol. 11, n° 1, Spring 1987, pp. 18-28.

[53] Partch H. : *Genesis of music*, 1949, Seconde édition, augmentée, Da Capo Press, New York, 1979.

[54] Boucourechliev A. : *Le langage musical*, Fayard, 1993, p. 38.

[55] Durutte : *Technie, ou lois générales du système harmonique*, Mallet-Bachelier, Paris, 1855.

[56] Schoenberg A. : *Harmonielehre*, 1911, T*raité d'Harmonie*, Lattès, Paris, 1983.

[57] Messiaen O. : *Technique de mon langage musical*, A. Leduc, Paris, 1944.

[58] Duteurtre B. : *Requiem pour une avant-garde*, Laffont, Paris, 1995.

[59] Reinhard J. : *The microtonal wave*, dans la revue *Whole Earth*, Winter 1997.

[60] Fleuret M. : *Chroniques pour la musique d'aujourd'hui*, Coutaz B. éditeur, 1992, p. 11.

[61] Carrillo J. : *Rectification basica al sistema musical clasico*, San Luis Potosi, Mexico, 1930.

[62] Weid, J.-N. von der : *La musique au XXe siècle*, *Pluriel*, Hachette, 1997 (édition augmentée, 442 p.).

[63] Hába Alois : *Die harmonische Grundlage des Vierteltonsystems* ou *Bases harmo– niques du Système à 24 tons*, Melos, vol. 3, 1922, pp. 201-205.

[64] Wyschnegradsky I. : *Manuel de l'Harmonie à quarts de ton*, La Sirène Musicale, 1932.

[65] Texier M. : Texte de Présentation, Colloque de Royaumont, septembre 1996.

[66] Russolo L. : *Art des Bruits*, Éditions L'Âge d'Homme, Lausanne, 1975.

[67 Curtis Roads : *Microsound*, *MIT Press*, Cambridge (Massachusetts) et Londres (Angleterre), 2001, pp. 45 à 49.

[68] Henry Cowell : *New Musical Resources*, Alfred Knopf, New York et Londres, 1930.

[69] Schaeffer P. : *Traité des objets musicaux*, Seuil, 1966.

[70] Bosseur : *Révolutions musicales, la musique contemporaine depuis 1945*, Musique Ouverte, Minerve, 1993.

[71] Chion M. et Reibel G. : *les Musiques électro-acoustiques*, INA-GRM/Edisud, Aix-en-Provence, 1976.

[72] Busoni F. : *Esquisse d'une nouvelle esthétique musicale*, 1907, *L'Esthétique Musicale*, Minerve, collection *Musique Ouverte*, 1990.

[73] Leibowitz R. : *Introduction à la musique des douze sons*, l'Arche, Paris, 1949.

[74] Griffith P. : *Brève histoire de la musique moderne*, Fayard, 1978 et 1992 (p. 99 et p. 125).

[75] Schillinger. J. : *The Schillinger System of Music Composition*, 2 volumes, 1640 pages, Carl Fischer, New-York, 1941 et 1959, et Greenwood Press, Wesport, 1979.

[76] Hiller L. et Isaacson L. : *Experimental Music, composition with an electronic computer*, McGraw-Hill, New-York, 1959, et Greenwood Press, Wesport, 1979.

[77] Barbaud P. : *Introduction à la composition musicale automatique*, Dunod, Paris, 1966.

[78] Xenakis Iannis : *Musique, Architecture*, Casterman, Tournai, 1971.

[79] During J. : *Quelque chose se passe. Le sens de la tradition dans l'orient musical*, Éditions Verdier, 11 Lagrasse, 1994.

[80] Guettat M . : *La Musique classique du Maghreb*, Sindbad, Paris, 1980.

[81] Farmer H.G. : *History of arabian music to the XIIIth century*, Luzac, Londres, 1929.

[82] Chabrier (ou Charbonnier) J.-C. : *Un Mouvement de Réhabilitation de la Musique Arabe et du Luth Oriental*, thèse à l'Université de Paris - Sorbonne, 1976.

[83] Touma H.H. : *La Musique Arabe*, traduit de l'allemand, les *Traditions Musicales*, Buchet/Chastel, Paris, 1977.

[84 Manuel d'emploi (*User's Manual*) du *Personal Music Assistant* PMA-5, de la marque Roland, p. 135.

[85] Bayhom A. : *Systématique modale*, thèse de Doctorat, UFR *Musique et Musicologie*, Université Paris IV - Sorbonne, sept 2003.

[86] Jacqueline Jamin : *De la lyre d'Orphée à la musique électronique. Une histoire générale de la musique*, Leduc, Paris, 1961, p. 197.

[87] Aydoune A. : *Musiques du Maroc*, Éditions Eddif, Casablanca, Maroc, 1992, p. 48.

[88] Reese Gustave : *Music in the Middle Ages*, Norton & Company, New-York, 1940, pp. 246-247.

[89] Chailley J. : *L'imborglio des modes*, Leduc, Paris, 1977.

[90] Bobbitt R. : *The physical basis of intervallic quality, and its application to the problem of dissonance*, *Journal of Music Theory,* vol. 3, n° 2, 1959, pp. 173-207.

[91] Rameau J.-Ph : *Traité d'Harmonie*, 1922.

[92] Dubois Th. : *Traité d'Harmonie théorique et pratique*, Leduc, Paris, p. 35-36.

[93] Shirlaw M. : *The theory of harmony*, Novello, Londres, 1917, et Da Capo Press, New-York, 1969.

[94] Fétis F.J. : *Traité complet de la théorie et de la pratique de l'harmonie*, Schlesinger, Paris, 1844 et 1949.

[95] Tanner R. : *Critique de la théorie de la consonance*, dans *La résonance dans les échelles musicales*, Weber E., C.N.R.S., Paris, 1963, p. 71.

[96 Mathews, Pierce, Reeves et Roberts : *Theoretical and experimental explorations of the Bohlen-Pierce scale*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, oct. 1988, pp. 1214-1222.

[97] Canright : *A tour up the harmonic series*, 1/1, Journal of the *Just Intonation Network*, volume 3, n° 3, p 8, 1987.

[98] Assayag G. et Cholleton J.-P. : *Musique, Nombre et Ordinateurs*, revue *la Recherche*, vol. 278, Numéro spécial sur les nombres, juillet/aout 1995, pp. 804-810.

TABLE DES MATIÈRES

Achevé d'imprimer en mars 2006
sur les presses de l'Imprimerie Jadault
pour le compte des Éditions FUZEAU
BP 406 - COURLAY
79306 Bressuire Cedex

Dépôt légal 1er trimestre 2006 - Impression n° 1